netfabb Professional 5

Benutzerhandbuch

Copyright by netfabb GmbH 2010

support@netfabb.com

Version: 30. April 2014

Dieses Dokument darf ohne Erlaubnis der netfabb GmbH nicht an Dritte weitergegeben werden.

Inhaltsverzeichnis

1 STL-Daten und Dreiecksnetze 6
1.1 Gültigkeit . . . 7
1.2 Geschlossenheit . . . 8
1.3 Orientierbarkeit . . . 9
1.4 Selbstüberschneidungen . . . 10

2 Programmübersicht 12
2.1 Der Projektbaum . . . 14
2.2 Der Anzeigebildschirm . . . 17
2.3 Programmsteuerung . . . 20
2.4 Der Bauraum . . . 22
2.5 Dateiformate . . . 23
2.6 Alle Shortkeys . . . 25

3 Projektmanagement 27
3.1 Projekt Starten . . . 28
3.2 Dateien Öffnen . . . 28
3.2.1 Öffnen . . . 28
3.2.2 Bauteil hinzufügen . . . 29
3.2.3 Dateivorschau - Browser . . . 33
3.2.4 Zerlege große STL Datei . . . 34
3.2.5 Bericht erstellen . . . 36
3.2.6 Professional Tool: CAD Import . . . 37
3.3 Speichern und Exportieren . . . 38
3.3.1 Speichern . . . 38
3.3.2 Projekt als STL exportieren . . . 38

3.3.3 Bauteil exportieren 39
3.4 Drucken und Screenshots 44

4 Ansichtsoptionen 46
4.1 Perspektive 46
4.2 Zentrieren und Zoomen 49
4.3 Anzeigeoptionen 51
4.4 Mesh Betrachter 55

5 Bauteilmanagement 57
5.1 Bauteile hinzufügen und entfernen 57
5.2 Bauteile auswählen 58
5.2.1 Erweiterte Bauteilauswahl 59
5.3 Bauteilbibliothek 62
5.4 Bauteile duplizieren 65
5.5 Positionieren und Skalieren 67
5.5.1 Bauteile verschieben 67
5.5.2 Bauteile drehen 68
5.5.3 Bauteile ausrichten 69
5.5.4 Bauteile skalieren 70
5.5.5 Bauteile anordnen 72
5.6 Professional Tool: Automatic Packing 73
5.6.1 Small 73
5.6.2 Medium and Large 76
5.7 Bauteilmerkmale 76
5.8 Bauraumübersicht 79
5.9 Kollisionserkennung 80

6 Bauteile Bearbeiten 82
6.1 Bauteilanalyse 82
6.1.1 Standardanalyse 84
6.1.2 Ober- und Unterseitenanalyse 84
6.1.3 Schwerpunkt 86
6.1.4 Wandstärke 86
6.1.5 Schattenflächenanalyse 88

6.2 Einfache Bauteilbearbeitung im Standardmodul 88
6.2.1 Bauteile invertieren 88
6.2.2 Spiegeln 89
6.2.3 Einheiten Konvertieren 90
6.2.4 Shells Separieren 90
6.2.5 Ausgewählte Bauteile Zusammenfügen 91
6.3 Hülle Erzeugen 91
6.4 Einfaches Schneiden 94
6.5 Freies Schneiden 98
6.5.1 Freies Schneiden mit Schnittebene 98
6.5.2 Freies Schneiden mit Polygon 104
6.5.3 Schnittoptionen 108
6.6 Boolsche Operationen 110
6.7 Beschriftung / Labeling 113
6.8 Dreiecksreduktion 118
6.9 Bauteil glätten 120
6.10 Remesh 121
6.11 Vergleiche zwei Bauteile 122

7 Bauteilreparatur **127**
7.1 Das Reparaturmodul 127
7.2 Ansichtsoptionen in der Reparatur 130
7.2.1 Zoom und Visualisierung 130
7.2.2 Clip planes 131
7.3 Auswahl 132
7.4 Manuelle Reparatur 137
7.5 Halbautomatische Reparatur 139
7.5.1 Löcher schließen 139
7.5.2 Selbstüberschneidungen 141
7.5.3 Dreiecke Stitchen 142
7.5.4 Umgedrehte Dreiecke korrigieren 144
7.5.5 Doppelte Dreiecke entfernen 145
7.5.6 Überlappende Dreiecke selektieren 146
7.5.7 Degenerierte Dreiecke entfernen 146

7.5.8 Ausgewählte Dreiecke als Bauteil extrahieren 147
7.5.9 Nicht orientierte Kanten auftrennen 148
7.5.10 Außenflächen berechnen 148
7.6 Reparaturautomatik 149
7.7 Dreiecksnetz bearbeiten 151
7.7.1 Dreiecksnetz verfeinern 151
7.7.2 Dreiecksreduktion 152
7.7.3 Z-Kompensation 154
7.7.4 Dreiecke glätten 155
7.7.5 Flächen schneiden 155
7.7.6 Offset der Lochkanten erstellen 158
7.7.7 Flächen extrudieren 160
7.7.8 3D-Extrusion 163

8 Bauteilmessung und Qualitätssicherung 166
8.1 Das Messmodul 166
8.1.1 Schnittlinien 169
8.1.2 Ankerpunkte Setzen 170
8.1.3 Abstand Messen 172
8.1.4 Winkel Messen 174
8.1.5 Radius Messen 175
8.1.6 Notiz hinzufügen 175
8.1.7 Standardoptionen einstellen 177
8.1.8 Ansicht sperren und entsperren 177
8.2 Bauteilprüfung 178
8.2.1 Definition 179
8.2.2 Kennwerte 180
8.2.3 Testergebnis 181

9 Schichtdaten Erstellen und Verwalten 182
9.1 Bauteile Slicen 182
9.2 Der Bereich Slices 184
9.3 Aktuelle Slicedatei 185
9.4 Slice-Auswahl und Positionierung 187
9.4.1 Slice-Auswahl 187

9.4.2 Slice-Ansichtsoptionen 188
9.4.3 Verschieben, Drehen, Skalieren und Spiegeln 190
9.4.4 Merging and Grouping 192
9.5 Edit Slices 193
9.5.1 Bool'sche Operationen & Entfernen von Selbstüberschneidungen 193
9.5.2 Erzeuge Offset 195
9.5.3 Punkte reduzieren 197
9.6 Füllung bearbeiten 199
9.6.1 Füllung erstellen 199
9.6.2 Hatchverschneidung 202
9.6.3 Konvertiere Konturen/Hatches 203
9.7 Export and Save Slices 204

10 Einstellungen **215**
10.1 Programmoptionen 215
10.2 Verknüpfungen ändern 225

Index **226**

Kapitel 1

STL-Daten und Dreiecksnetze

Das STL-Format ist das meist verbreitete Dateiformat für die Darstellung von Dreiecksnetzen. Es enthält eine einfache Liste von dreidimensionalen Eckpunkt-Koordinaten und Dreiecken. Jedes Dreieck wird durch drei Eckpunkte definiert und hat eine Innenseite und eine Außenseite. Benachbarte Dreiecke können gemeinsame Eckpunkte benutzen und die gleichen Kanten teilen, so dass ein zusammenhängendes Dreiecksnetz entsteht (Abbildung 1.1). Aufgrund dieser Einfachheit können STL-Dateien vielfältig angewandt werden. Jedoch enthalten sie keine topologische Informationen über den Körper, den sie abbilden.

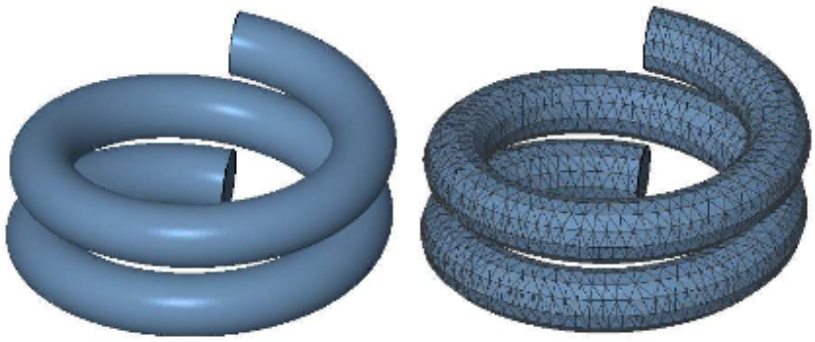


Abbildung 1.1: *Ein dreidimensionaler Körper und seine Abbildung durch ein Dreiecksnetz.*

Aus diesem Grund gibt es beim Umwandeln von CAD Daten in STL-Daten typische Fehler. Die netfabb Software ist darauf spezialisiert, Fehler dieser Art zu erkennen

und zu reparieren und somit fehlerfreie Dreiecksnetze ohne Löcher, Verformungen oder Überschneidungen zu schaffen. Diese Dreiecksnetze können dann in Schichtdaten für die additive Fertigung umgewandelt werden.
Das Ziel des STL-Formates ist eine möglichst genaue Abbildung von Körpern im dreidimensionalen Raum. Andere CAD-Formate haben in dieser Hinsicht zwar Ihre Vorteile. Jedoch benötigt eine Vielzahl von Anwendungen eine Oberflächendarstellung, die aus flachen Dreiecken besteht, zum Beispiel:

- Rapid Prototyping und Additive Fertigung
- Beschleunigte Wiedergabe in Multimedia-Anwendungen
- Lösung partieller Differentialgleichungen
- Computer Aided Design (CAD)

Mit einer bloßen Ansammlung von Dreiecken wird jedoch nicht immer ein fester Körper geschaffen. Damit ein Dreiecksnetz für den 3D-Druck benutzt werden kann, muss es **zulässig, geschlossen und orientiert** sein und sollte keine Selbstüberschneidungen aufweisen.

1.1 Gültigkeit

Zwei übereinander verlaufende Kanten benachbarter Dreiecke werden nur als eine Kante gesehen, wenn sie identische Endpunkte haben. Das einfache Dreiecksnetz in Abbildung 1.2 besteht aus 2 Dreiecken und hat genau fünf Kanten: vier Grenzkanten und eine Innenkante. Grenzkanten sind Randkanten eines Dreiecks, Innenkanten bilden die Verbindungsstelle zwischen zwei Dreiecken.
Ein Dreiecksnetz gilt nur als gültig, wenn Innenkanten die bei beiden angrenzenden Dreiecken die gleichen Eckpunkte haben. Nur dann werden alle aneinander liegenden Dreiecke von einer ganzen Innenkante verbunden (Abbildungen 1.3, 1.4). Auf diese Weise werden Nachbardreiecke nicht aufgespalten und es entsteht eine gute Oberfläche.
Diese Gültigkeit ist Bedingung für die meisten Berechnungen. Wenn zwei Kanten nur einen gemeinsamen Eckpunkt haben, werden Sie als zwei verschiedene Kanten definiert, selbst wenn sie übereinander liegen.

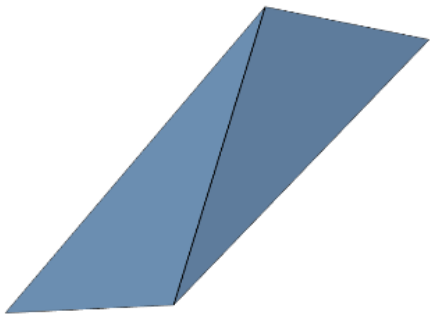


Abbildung 1.2: *Ein einfaches Dreiecksnetz mit fünf Kanten: vier Grenzkanten und eine Innenkante.*

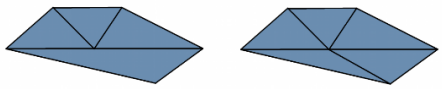


Abbildung 1.3: *Eine ungültiges Dreiecksnetz (links) verglichen mit einem gültigen Dreiecksnetz (rechts).*

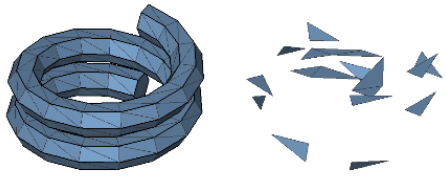


Abbildung 1.4: *Ein gültiges und ein willkürlich chaotisches Dreiecksnetz.*

1.2 Geschlossenheit

Bauteile können nur mit 3D-Druck produziert werden, wenn sie eine geschlossene Oberfläche aufweisen. Das heißt, sie dürfen keine Löcher und keine Grenzkanten haben. Jede Kante muss genau zwei Dreiecke verbinden und alle benachbarten Dreiecke müssen sich eine Grenzkante teilen (Abbildungen 1.5, 1.6).
Trotzdem lässt sich ein Dreiecksnetz in mehrere abgetrennte Bereiche, genannt Shells, unterteilen (Abbildung 1.7).

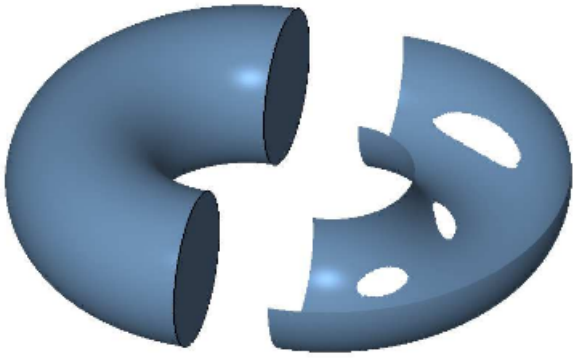


Abbildung 1.5: *Eine geschlossene Oberfläche (links) und eine Oberfläche mit Löchern (rechts).*

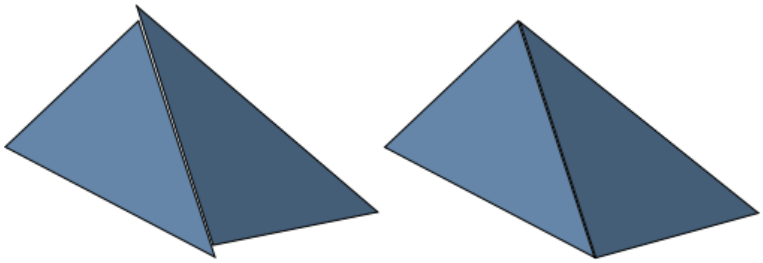


Abbildung 1.6: *Zwei nicht verbundene Dreiecke (links) und zwei verbundene Dreiecke (rechts)*

1.3 Orientierbarkeit

Um die Bauteildaten in die für den 3D-Druck nötigen Schichtdaten umzuwandeln, ist es notwendig, dass die Bauteile korrekt orientiert sind. Die Orientierung bestimmt, wo außen und wo innen ist.
Die Orientierung eines Bauteils wird durch die Orientierung aller Dreiecke bestimmt. Die Reihenfolge der Punkte, durch die das Dreieck definiert wird, bestimmt seine Orientierung durch die "Drei-Finger-Regel" (Abbildung 1.8).
Wenn die Orientierungen von Nachbardreiecken zusammenpassen und es keine umgedrehten Dreiecke gibt, teilt eine geschlossene Shell den Raum in eine Außenseite und eine Innenseite auf. Wenn es jedoch umgedrehte Dreiecke gibt, ist diese Aufteilung nicht möglich. Daher können auch geschlossene Bauteile fehlerhaft sein.

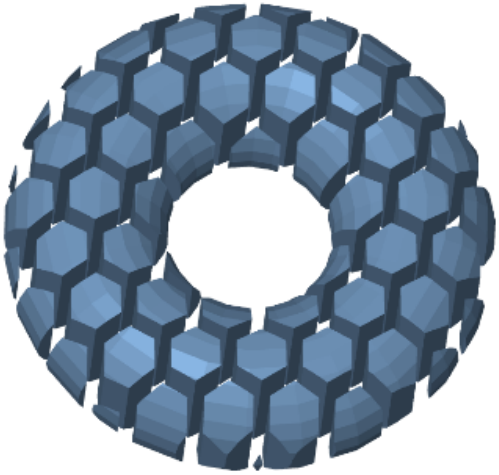


Abbildung 1.7: *Ein Dreiecksnetz bestehend aus 60 Shells.*

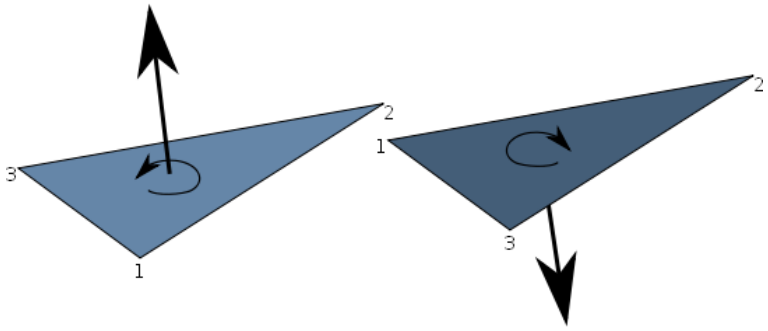


Abbildung 1.8: *Die Orientierung eines Dreiecks wird von Reihenfolge seiner Eckpunkte bestimmt.*

1.4 Selbstüberschneidungen

Die Oberfläche eines Bauteils sollte zudem keine Selbstüberschneidungen aufweisen. Das heißt, Dreiecke und Flächen eines Teils sollten sich nicht gegenseitig durchdringen (Abbildungen 1.9, 1.10). Dieser Zustand wäre für viele Anwendungen sehr unpraktisch, vor allem wenn das Dreiecksnetz weiterverarbeitet werden soll.
Für die meisten Additiven Fertigungsprozesse müssen die dreidimensionalen Dreiecksnetze in zweieinhalbdimensionale Schichtdaten zerlegt werden. Selbstüberschneidungen im Dreiecksnetz sorgen dabei für Selbstüberschneidungen bei den Schichtdaten. Diese können Konstruktionsfehler und Instabilitäten verursachen. Da-

her ist es notwendig, die Selbstüberschneidungen während der Aufbereitung der Daten zu entfernen.

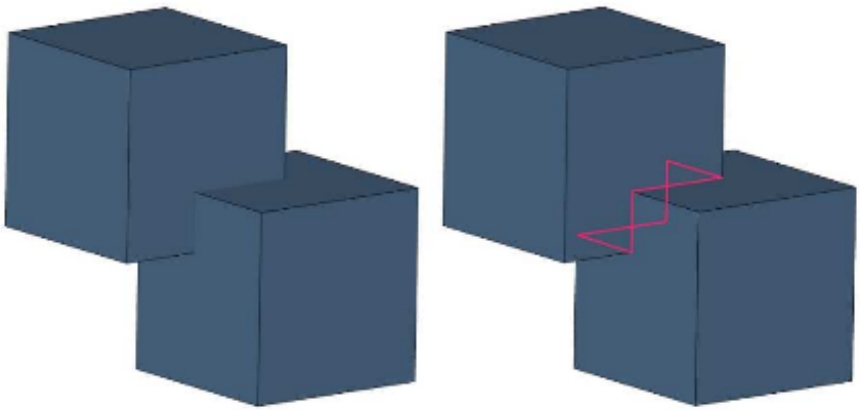


Abbildung 1.9: *Selbstüberschneidung: Zwei würfelförmige Shells überschneiden sich.*

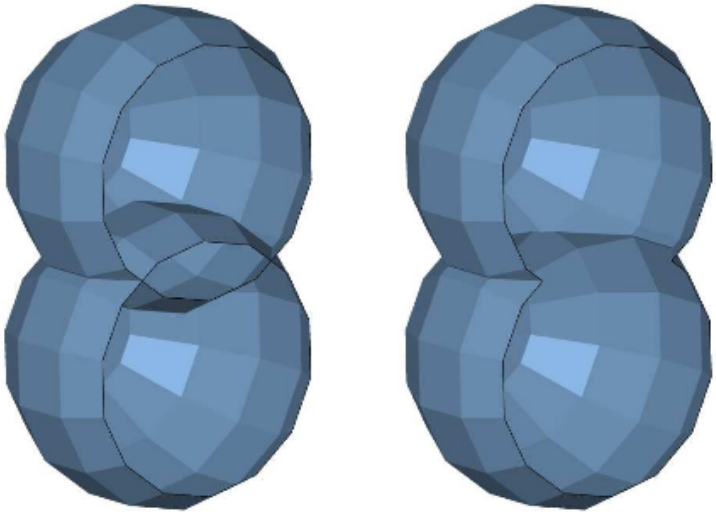


Abbildung 1.10: *Links: Ein Dreiecksnetz bestehend aus zwei sich überschneidenden Shells. Rechts: Ein Dreiecksnetz bestehend aus einer Shell ohne Überschneidungen.*

Kapitel 2

Programmübersicht

Die netfabb Software ist geschaffen für Rapid Prototyping, Additive Fertigung und 3D-Druck. Sie dient der Aufbereitung dreidimensionaler Daten für den Druck und konvertiert sie in die nötigen zweieinhalbdimensionalen Schichtdaten. Diese bestehen aus eine Liste von zweidimensionalen Schichten. Zur Vorbereitung von Dateien gibt das Programm dem Benutzer die Möglichkeit, STL-Dateien oder Schichtdateien zu analysieren, zu bearbeiten und zu reparieren.
Alle Arbeitsvorgänge werden in Projekten durchgeführt. In einem Projekt kann eine beliebige Anzahl von Bauteilen enthalten sein. Mit dem modularen Aufbau des Programms kann innerhalb eines Projekts in mehreren Modulen gleichzeitig gearbeitet werden, die jeweils mit einer eigenen Benutzeroberfläche verknüpft sind, zum Beispiel das Reparaturmodul oder der Slice Commander. Es ist jederzeit möglich, ohne den Verlust von Information zwischen diesen Modulen hin und her zu schalten.
Die Benutzeroberfläche ist aufgeteilt in den Anzeigebildschirm, die Menüleiste und die Symbolleiste oben und die Kontextumgebung auf der rechten Seite (Abbildung 2.1). Durch einen Klick auf die Leiste zwischen Anzeigebildschirm und Kontextumgebung kann die Kontextumgebung versteckt werden und die Leiste an den rechten Rand geschoben werden. Durch einen erneuten Klick wird die Kontextumgebung wieder angezeigt. Wenn Sie an den Rand dieser Leiste klicken und die linke Maustaste halten, können Sie die Leiste per *drag & drop* weiter nach links verschieben und den Platz für die Kontextumgebung vergrößern.
In der oberen Hälfte der Kontextumgebung sind alle Bauteile und Schichtdaten im **Projektbaum** aufgelistet. Der Projektbaum kann genutzt werden, um sich einen Überblick über das Projekt zu schaffen, Daten zu organisieren und um bestimmte

Funktionen auszuführen.

Der **Anzeigebildschirm** nimmt den meisten Raum des netfabb-Fensters ein. Er visualisiert das Projekt und bietet mit verschiedenen Ansichtsoptionen und einfache Funktionen zur Bauteilpositionierung.

Funktionen zur **Programmsteuerung** finden sich in Kontextmenü, im Tabsheet in der unteren Hälfte der Kontextumgebung, in der Symbolleiste und in der Menüleiste. Einige Funktionen können auch mit Kurzbefehlen auf dem Keyboard ausgeführt werden.

Im linken, unteren Eck des netfabb-Fensters ist entweder ein roter oder ein grüner Punkt, je nachdem ob netfabb mit dem Internet verbunden ist (grün) oder nicht (rot). Eine Internetverbindung wird benötigt, damit Updateinformationen erhalten werden und automatische Updates durchgeführt werden können.

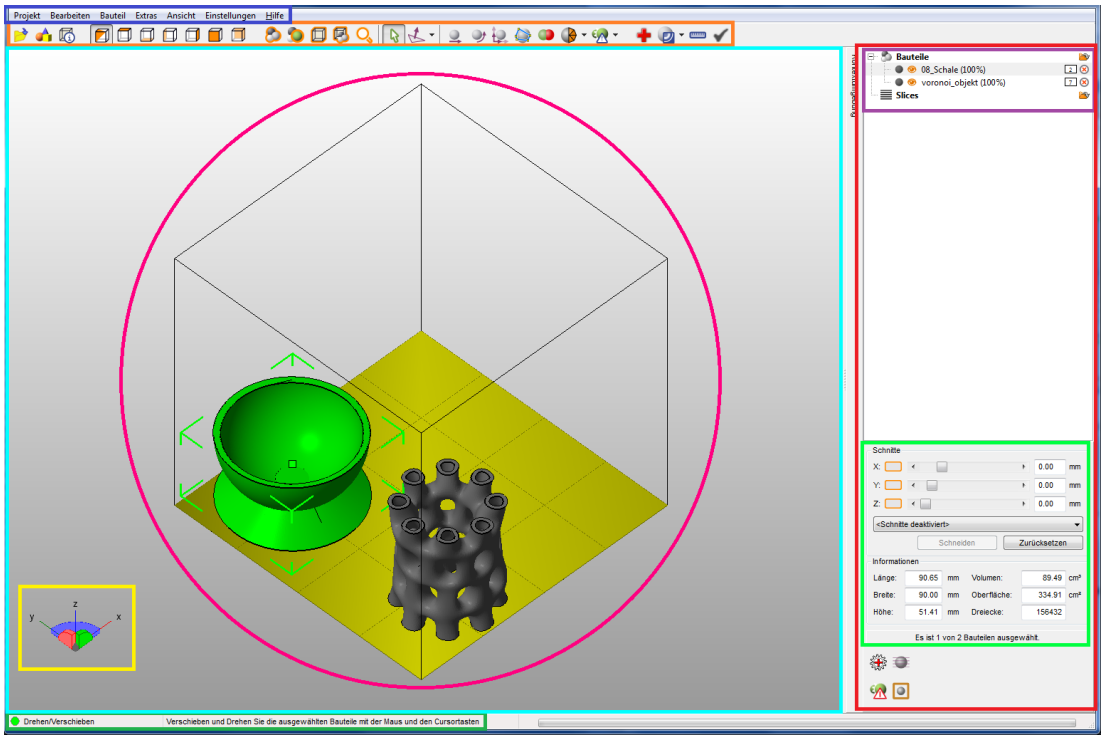
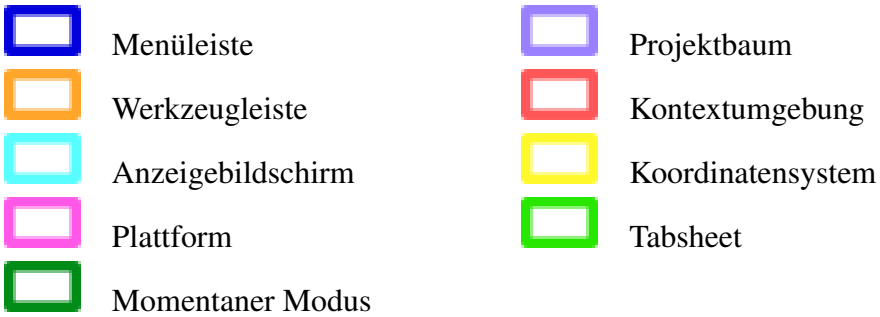


Abbildung 2.1: *Ein Überblick der netfabb-Benutzeroberfläche*



2.1 Der Projektbaum

Der Projektbaum **listet alle Bauteile und Schichtdaten Ihres Projekts auf**, ähnlich wie ein Datei-Verzeichnisbaum. Es gibt verschiedene Teilbereiche, wie Bauteile für 3D-Daten und Slices für Schichtdaten. Die Elemente in diesen Bereichen können in Unterordnern gruppiert werden. Auch Bauteile selbst können untergeordnete Elemente haben, wie die Bauteilreparatur oder Bauteilmessung. Diese sind meist mit bestimmten Modulen verknüpft.
Untergeordnete Elemente von Bauteilen oder Gruppen werden durch einfache Klicks auf das kleine Plus oder Minus auf der linken Seite entweder aufgelistet oder versteckt (Abbildung 2.2).
Während der Arbeit im Programm, ist es jederzeit möglich, **zwischen den verschiedenen Bereichen des Projekts hin und her zu schalten**, indem man sie im Projektbaum anklickt. Wenn Sie zum Beispiel eine Schichtdatei im Slices-Bereich anklicken, schaltet netfabb automatisch in das Modul Slice Commander um und wählt die Datei aus, auf die Sie geklickt haben. Wenn Sie eine Bauteilreparatur anklicken, schaltet netfabb automatisch zur Reparatur des betreffenden Bauteils um. Alle zuvor durchgeführten Reparaturarbeiten sind immer noch gespeichert. Auf diese Weise können verschiedene Arbeitsvorgänge parallel durchgeführt werden.
Neben dem Bauteilname steht in Klammern ein Prozentwert. Dieser Wert gibt die Darstellungsgenauigkeit des Bauteils im Anzeigebildschirm wieder (siehe Vereinfachte Darstellung, Kapitel 4.3).
Durch das Anklicken von Bauteilen oder Schichtdaten werden diese **ausgewählt**. Die Auswahl eines Bauteils ist Bedingung dafür, dass es bearbeitet werden kann. Wenn bereits ein Bauteil ausgewählt wurde, Sie ein weiteres Bauteil anklicken und dabei Shift gedrückt halten, werden alle Bauteile zwischen dem ursprünglich gewählten und dem jetzt angeklickten ausgewählt. Wenn Sie Strg gedrückt halten, werden alle

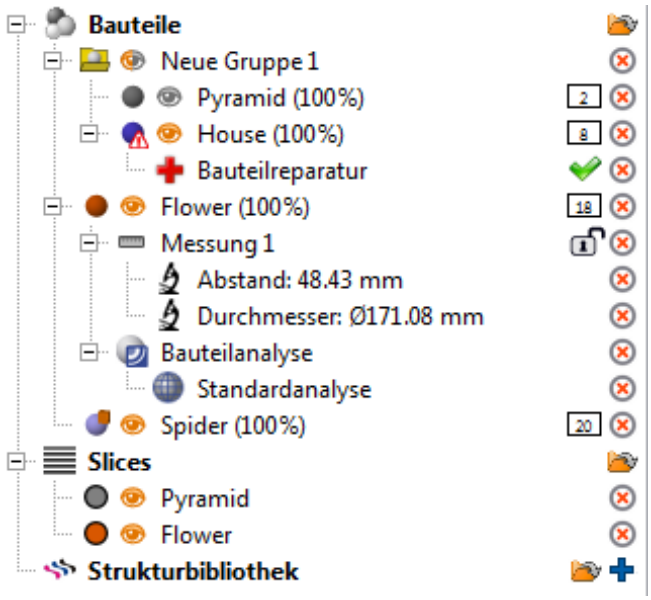


Abbildung 2.2: *Dieser Projektbaum enthält eine Gruppe mit den zwei Bauteilen "Pyramid" und "House". Das grau gefärbte Auge bedeutet, dass die Pyramide versteckt ist. Das kleine Warndreieck neben dem Haus zeigt, dass das Bauteil beschädigt ist. Eine Reparatur wurde geöffnet. Am Bauteil "Flower" wurde eine Entfernung und ein Durchmesser vermessen und eine Standardanalyse wurde durchgeführt. Die kleine Box beim Bauteil "Spider" bedeutet, dass das Bauteil aus mindestens zwei Shells besteht. Im Bereich "Slices" befinden sich bereits die Dateien "Pyramid" und "Flower".*

Bauteile, die Sie anklicken entweder zur Auswahl hinzugefügt oder von der Auswahl entfernt.
Beschädigte Bauteile (mit invertieren Dreiecken oder offenen Dreieckskanten) und Bauteile, die aus mehr als einer Shell bestehen werden im Projektbaum so markiert, dass sie sofort identifiziert werden können. Beschädigte Bauteile haben ein **kleines Warndreieck** rechts unten über dem farbigen Punkt links neben dem Bauteilnamen. Bei Bauteilen mit mehr als einer Shell wird eine **kleine Box** rechts oben über dem Punkt eingeblendet.
Der Projektbaum kann auch genutzt werden, um bestimmte **Operationen durchzuführen**, indem bestimmte Elemente in andere Verzeichnisse per *drag & drop* verschoben werden (Abbildung 2.3). Ein blauer Balken zeigt dabei an, an welche Stelle ein Element gezogen wird. Wenn Sie zum Beispiel ein Bauteil in den Slices-Bereich

verschieben, werden neue Schichtdaten auf Basis des gewählten Bauteils erstellt. Die Parameter für die Umwandlung können Sie in einer Dialogbox einstellen.

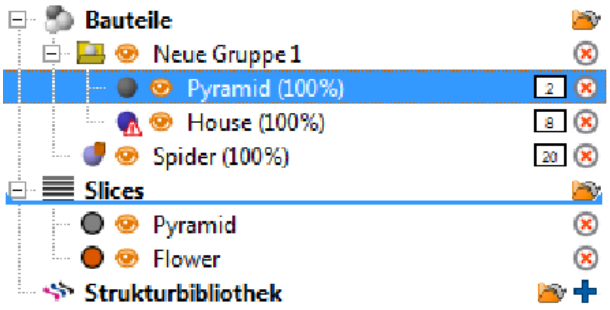


Abbildung 2.3: *Um ein Bauteil in Schichtdaten umzuwandeln, verschieben Sie es per drag & drop in den Slices-Bereich. Der blaue Balken zeigt an, an welche Stelle ein Element gezogen wird.*

Weitere Funktionen, die im Projektbaum verfügbar sind, werden durch Doppelklicks auf kleine Icons neben dem Namen der Objekte aktiviert. Rechts neben den Hauptbereichen ist ein kleiner Ordner abgebildet, mit dem Dateien zum Projekt hinzugefügt werden können. Mit dem runden farbigen Punkt links neben Bauteilen und Schichtdaten kann deren Farbe geändert werden. Ein Klick auf das Auge daneben versteckt das Bauteil im Anzeigebildschirm. Ein weiterer Klick lässt es wieder erscheinen. Mit dem roten X können Elemente aus dem Projekt entfernt werden (Abbildung 2.4).
Wenn bestimmte Module aktiv sind, werden andere Icons hinzugefügt, wie ein blaues Plus, um neue Elemente ins Projekt einzufügen, oder ein grünes Häkchen neben der Reparatur, um diese anzuwenden.
Die Nummern rechts neben den Bauteilen dienen nur der Anzeige, um die Übersicht über Projekte mit sehr vielen Bauteilen zu wahren.
Durch Rechtsklicks auf Objekte des Projektbaums öffnet sich zudem ein Kontextmenü, das noch sehr viel mehr Funktionen bietet. Wenn Sie eine **neue Gruppe erstellen**, fügen Sie dem Projektbaum einen Ordner hinzu, in den Sie per *drag & drop* andere Objekte verschieben können. So bekommen Sie mehr Ordnung in Projekte mit vielen Bauteilen. Außerdem werden durch Anklicken der Gruppe alle darin enthaltenen Bauteile ausgewählt.

Abbildung 2.4: *Die Symbole im Projektbaum stehen für bestimmte Funktionen des Programms.*

2.2 Der Anzeigebildschirm

Der Anzeigebildschirm nimmt den größten Teil der Benutzeroberfläche ein. Er bietet eine **dreidimensionale Darstellung** des Projekts und zeigt Bauteile und (optional) den Bauraum. Unten links befindet sich ein Koordinatensystem, anhand dem die aktuelle Ansichtsperspektive erkannt werden kann. Es zeigt die X-, Y- und Z-Achse sowie die drei dazwischen liegenden Ebenen. Die Größe der dargestellten Ebenen variiert je nach Perspektive: Ebenen im Hintergrund werden immer größer dargestellt als Ebenen im Vordergrund. Die Größe der Ebenen kann aber auch in den Einstellungen (Kapitel 10) verändert werden.
Im Anzeigebildschirm können Anzeigeoptionen und einige **einfache Funktionen auf intuitive Weise** ausgeführt werden. Die **Perspektive** wird geändert, wenn Sie die rechte Maustaste halten und die Maus in die Richtung bewegen, in die Sie das Projekt visuell drehen wollen (mehr dazu in Kapitel 4.1).
Halten Sie die mittlere Maustaste gedrückt, können Sie mit Mausbewegungen die **Ansicht verschieben**, ohne die Perspektive zu ändern. Mit einer Rolltaste können Sie zudem den **Zoom einstellen**. Sollten Sie keine mittlere Maustaste haben (z.B. bei einem Laptop), können Sie die Ansicht verschieben, wenn Sie Shift und die rechte Maustaste halten, und hinein- und hinauszoomen, wenn Sie Strg und die rechte Maustaste halten und die Maus nach oben oder unten bewegen (Abbildung 2.7, mehr dazu in Kapitel 4.2).
Per ***drag & drop*** mit der linken Maustaste können Bauteile verschoben oder gedreht werden. Wenn Sie auf das kleine, grüne Kästchen in der Mitte eines ausgewählten Bauteils klicken und die linke Maustaste halten, können Sie das Bauteil mit der Maus verschieben (Abbildung 2.5). Wenn mehr als ein Teil ausgewählt ist, werden alle diese Teile verschoben. Sie können ausgewählte Bauteile auch per *drag & drop* drehen,

wenn Sie auf die grünen Klammern in den Ecken klicken und die Maus in die gewünschte Rotationsrichtung bewegen (Abbildung 2.6, mehr dazu in Kapitel 5.5).

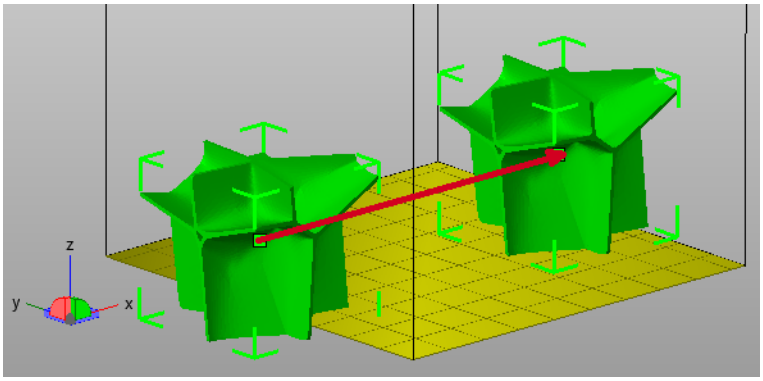


Abbildung 2.5: *Verschieben Sie Ihre Teile per drag & drop.*

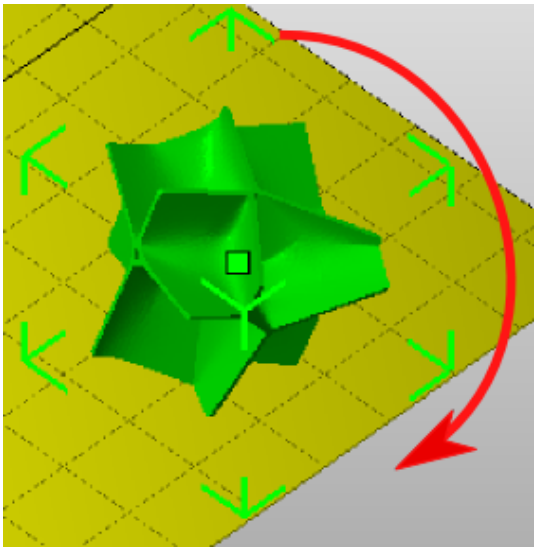


Abbildung 2.6: *Drehen Sie Ihre Teile per drag & drop.*

Unterhalb des Anzeigebildschirms wird der **gegenwärtige Modus** angegeben. Dieser Modus bestimmt, mit welchen Funktionen die Maus im Anzeigebildschirm belegt ist. Standard ist hier das Verschieben und Drehen von Bauteilen. Wenn dieser Modus geändert wird, zum Beispiel auf "Zur Bodenplatte ausrichten", können mit der Maus auch andere Operationen durchgeführt werden. In diesem Fall könnte man mit einem

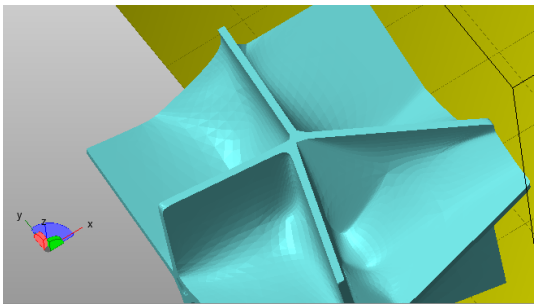


Abbildung 2.7: *Ändern Sie Ansicht und Zoom mit der rechten Maustaste und der Rolltaste.*

Doppelklick auf eine Fläche eines Bauteils dieses so drehen, dass die angeklickte Fläche parallel zur X-Y-Ebene liegt.
Wann immer das Modul gewechselt wird, ändert netfabb dementsprechend die Benutzeroberfläche, was sich insbesondere auf den Anzeigebildschirm auswirkt. Zum Beispiel gibt es eigene Anzeigebildschirme für die Reparatur, Boolsche Operationen, das Messen oder die Anzeige von Schichtdaten (Abbildung 2.8). Intuitive Bedienungselemente wie das Zoomen mit der Rolltaste, das Ändern der Perspektive mit der rechten Maustaste oder das Verschieben der Ansicht mit der mittleren Maustaste bleiben in den verschiedenen Modulen erhalten.

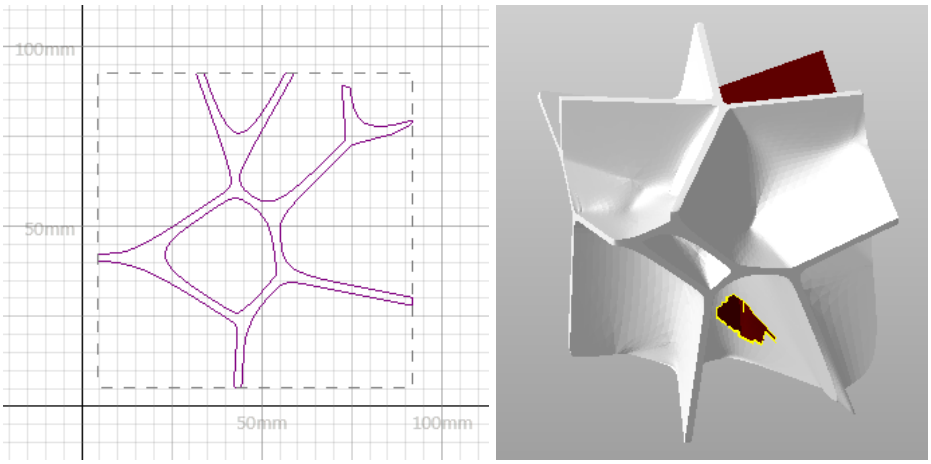


Abbildung 2.8: *Links: Die zweidimensionale Ansicht von Schichtdaten. Rechts: Ein beschädigtes Bauteil im Reparaturmodul.*

2.3 Programmsteuerung

Neben den **intuitiven Steuerungselementen** im Anzeigebilschirm (siehe oben) gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Programm zu steuern. Die meisten Funktionen sind an mehreren Stellen zu finden.
Zunächst ist der Großteil der Funktionalität des Programms über **Kontextmenüs** zugänglich. Diese öffnen sich mit Rechtsklicks auf die jeweils betroffenen Elemente des Programms. Der Inhalt der Kontextmenüs hängt also davon ab, wohin Sie klicken. Er ändert sich mit jedem Element des Projektbaums, je nachdem ob man im Anzeigebildschirm auf den leeren Raum, ein nicht ausgewähltes Bauteil oder ein ausgewähltes Bauteil klickt und von Modul zu Modul (Abbildung 2.9 and 2.10).

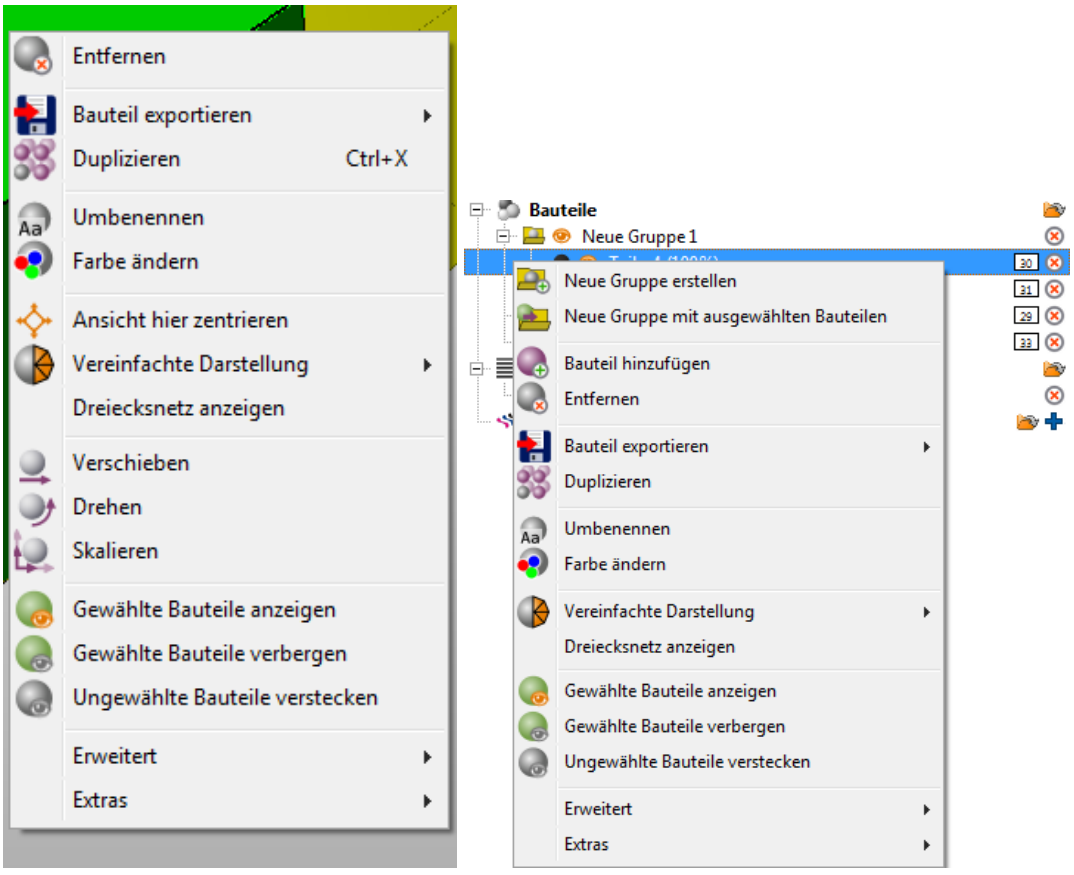


Abbildung 2.9: *Die Kontextmenüs nach einem Rechtsklick auf dasselbe Bauteil im Anzeigebildschirm (links) und im Projektbaum (rechts).*

Die **Symbolleiste** über dem Anzeigebildschirm macht einige Funktionen mit einem

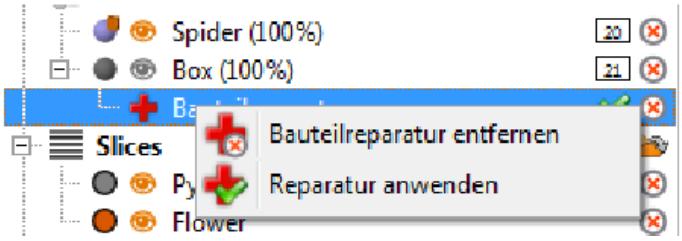


Abbildung 2.10: *Das Kontextmenü nach einem Rechtsklick auf die Bauteilreparatur im Projektbaum.*

Mausklick verfügbar. Die verfügbaren Optionen hängen dabei vom gegenwärtigen Modul und der Benutzeroberfläche ab. Zum Beispiel hat das Reparaturmodul eine eigene Symbolleiste (Abbildung 2.11).

Abbildung 2.11: *Die Symbolleiste des Standardmoduls.*

Die Funktionen in der Symbolleiste sind auch in der **Menüleiste** zu finden. Die Menüstruktur dort wird in die Menüs Projekt, Bearbeiten, Bauteil, Extras, Ansicht, Einstellungen und Hilfe untergliedert (Abbildung 2.12). In einzelnen Modulen, z.B. der Reparatur, werden noch spezifische Menüs hinzugefügt.

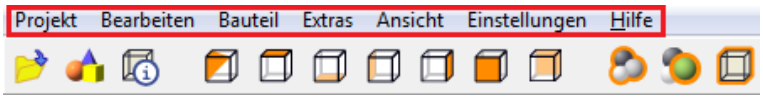


Abbildung 2.12: *Die Menüleiste.*

Weitere Funktionen finden Sie im **Tabsheet** in der unteren Hälfte der Kontextumgebung. Dies sind oft Funktionen, die nicht in der Menüleiste zu finden sind und sehr speziell auf das jeweilige Modul zugeschnitten sind. Im Standardmodul finden Sie die Steuerung für einfaches Schneiden. Zudem werden die Maße der ausgewählten Bauteile spezifiziert, und es wird angegeben, wie viele Bauteile ausgewählt sind und wie viele Bauteile versteckt bzw. angezeigt werden. Manche Module werden hauptsächlich über dieses Tabsheet gesteuert, zum Beispiel die Boolschen Operationen

oder das Messmodul (Abbildung 2.13). Dadurch wird das Tabsheet für die Benutzung der Software unverzichtbar.

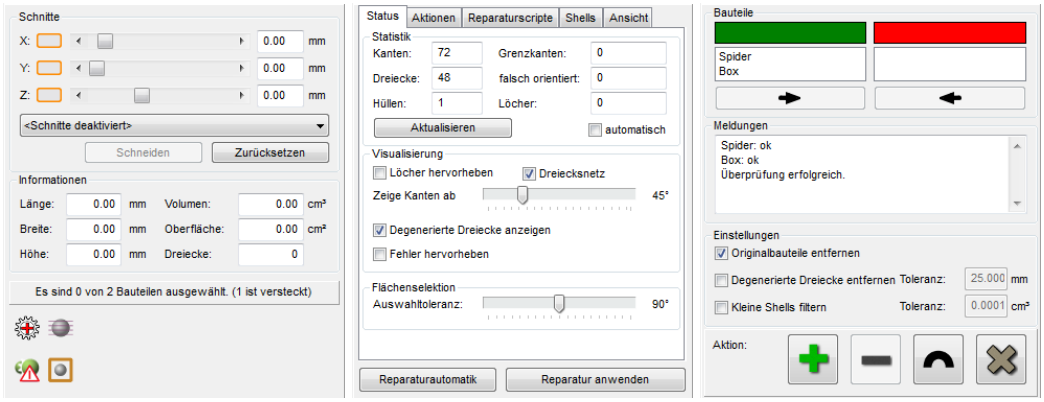


Abbildung 2.13: *Die Tabsheets des Standardmoduls, des Reparaturmoduls und der Boolschen Operationen.*

Damit der Benutzer schneller arbeiten kann, können die wichtigsten Funktionen mit einer Taste gestartet werden. Zum Beispiel startet F2 den Modus "Zoom auf gewählten Bereich", mit F5 erhalten Sie die Bauraumübersicht, F7 aktiviert den Modus "Zur Bodenplatte ausrichten" und mit F3 kommen Sie in den Standardmodus zurück.

2.4 Der Bauraum

Der Bauraum ist ein dreidimensionaler Bereich, der den Bauraum eines 3D-Druckers darstellt. Wenn Sie die Abmessungen des Bauraums in den Einstellungen Ihren Maschinenspezifikationen anpassen, repräsentieren die sechs äußeren Flächen die äußere Grenze Ihres Drucks. Damit Sie den Bauraum im Projekt sehen können, muss die entsprechende Option im Ansicht-Menü aktiviert sein.
Wenn Sie ein oder mehrere Teile ausgewählt haben, können Sie die ’p’-Taste auf dem Keyboard gedrückt halten, um einen virtuellen Bauraum anzuzeigen. Dieser hat die gleichen Ursprungskoordinaten wie Ihre ausgewählten Teile.

2.5 Dateiformate

In netfabb Professional stehen Ihnen eine Vielzahl an Formaten zum Im- umd Exportieren von Daten zur Verfügung. Das zusätzlich erhältliche netfabb CAD Import Tool bietet dazu noch die Möglichkeit, CAD Dateien zu laden. Unterschiedliche weisen unterschiedliche Qualitäten auf, die folgende Tabelle gibt Ihnen einen kurzen Überblick:

Format	**Import**	**Export**	**Kommentar**
netfabb intern			
netfabb project	✓	✓	
3D file formats			
STL	✓	✓	
STL (Ascii)	✓	✓	
color STL	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
x3d	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
x3db	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
gts	✓	✓	
obj	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
3ds	✓		kann Farben/Texturen enthalten
ncm	✓	✓	
amf	✓	✓	
zpr	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
ply	✓	✓	kann Farben/Texturen enthalten
3mf	✓	✓	nur unter Windows verfügbar
binvox	✓	✓	als *Modell* mit "Bauteil hinzufügen" im Projektbaum zu öffnen
zip	✓		öffnet alle Modelle in einer Zip-Datei
vrml, wrl	✓	✓	
iges, igs	✓		Import mit CAD Import Tool
step, stp	✓		Import mit CAD Import Tool
ifc	✓		Import mit CAD Import Tool

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Format	**Import**	**Export**	**Kommentar**
jt	✓		Import mit CAD Import Tool
Autodesk *(ipt, iam)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Catia *(model, session, dlv, exp, catpart, catproduct, catshape, cgr, 3dxml)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Creo *(asm, neu, prt, xas, xpr)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Parasolid *(x_b, x_t, smt, smt_txt)*	✓		Import mit CAD Import Tool
NX *(prc, prt, mf1, arc, unv, pkg)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Solidedge *(asm, par, pwd, psm)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Solidworks *(sldasm, sldprt)*	✓		Import mit CAD Import Tool
Slices			
sli	✓	✓	
cli	✓	✓	
slc	✓	✓	
ssl	✓	✓	
abf		✓	
slm	✓	✓	
cls	✓	✓	
usf	✓	✓	
clf	✓		
png		✓	
bmp		✓	
svg		✓	
dxf		✓	
ps		✓	
binvox	✓	✓	kann auch als Modell geladen werden, siehe oben
Toolpath			
gcode	✓	✓	
gcd	✓	✓	Ultimaker Engine
bgc	✓	✓	Ultimaker Engine

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Format	Import	Export	Kommentar
fab	✓	✓	fabbster Engine

2.6 Alle Shortkeys

netfabb kann über Shortkeys gesteuert werden. Einige dieser Kombinationen sind in unterschiedlichen Modulen unterschiedlichen Funktionen zugeordnet. Die folgenden Tabellen bieten dazu eine Übersicht...

... im Default Modus

Aktion	Key	Aktion	Key
Bauteil hervorheben	H	Selektierte Teile verstecken	Strg+H
Hinein zoomen	Q	Meshbetrachter	Strg+M
Heraus zoomen	A	Neues Projekt	Strg+N
Zoommodus	F2	Projekt öffnen	Strg+O
Auswahlmodus	F3	Nächste Standardansicht	SPACE
Teil zur Platte ausrichten	F7	Vorhergehende Standardansicht	Strg+SPACE
Selektiere alle	Strg+A	invertiere Selektion	Strg+I
Plattform hervorheben	P	Entlang der x-Achse in + bewegen	Strg+RECHTS
Screenshot in Zwischenablage	Strg+C	Entlang der x-Achse in - bewegen	Shift+LINKS
Plattformübersichtsdialog	F5	Entlang der y-Achse in + bewegen	Shift+HOCH
Kollisionserkennung	Strg+K	Entlang der y-Achse in - bewegen	Shift+RUNTER
Bauteil bewegen	Strg+V	Entlang der z-Achse in + bewegen	Shift+BILD OBEN

Aktion	**Key**	**Aktion**	**Key**
Bauteil rotieren	Strg+R	Entlang der z-Achse in + bewegen	Shift+BILD UNTEN
Bauteil skalieren	Strg+S	nach rechts bewegen	RECHTS
Dreiecksreduktion	Strg+T	nach links bewegen	LINKS
Rückgängig	Strg+Z	nach oben bewegen	HOCH
Wiederherstellen	Strg+Y	nach unten bewegen	RUNTER
Bauteil duplizieren	Strg+X	nach hinten bewegen	BILD OBEN
Kontextumgebung anzeigen/verstecken	F10	nach vorne bewegen	BILD UNTEN
Bauteile anordnen	Strg+Q	Bauteil löschen	ENTF

... im Reparaturmodus

Aktion	**Key**	**Aktion**	**Key**
Dreiecksselektion	F5	Selektierte Dreiecke reparieren	F5
Flächenselektion	F6	Selektierte Flächen reparieren	F6
Shellselektion	F7	Selektierte Shells reparieren	F7
Deselektieren	F8	Selektierte Dreiecke löschen	ENTF
Auswahl erweitern	+	Auswahl verkleinern	-

Kapitel 3

Projektmanagement

Es gibt verschiedene Methoden, um netfabb-Projekte zu kontrollieren, Dateien zu öffnen und Projekte oder Bauteile zu speichern und zu exportieren. Sie können zum Beispiel die Rechenzeit kürzen, indem STL-Dateien mit einer großer Komplexität aufgeteilt werden, bevor sie einem Projekt hinzugefügt werden. Zur weiteren Verarbeitung können ganze Projekte als netfabb Projektdateien abgespeichert oder Bauteile als zweidimensionale oder dreidimensionale Dateien exportiert werden. Screenshots können exportiert und zur Veranschaulichung gespeichert werden.
Dieses Kapitel erklärt die Funktionen zum Projektmanagement im Detail. Die meisten von ihnen sind über das Projekt-Menü abrufbar (Abbildung 3.1).

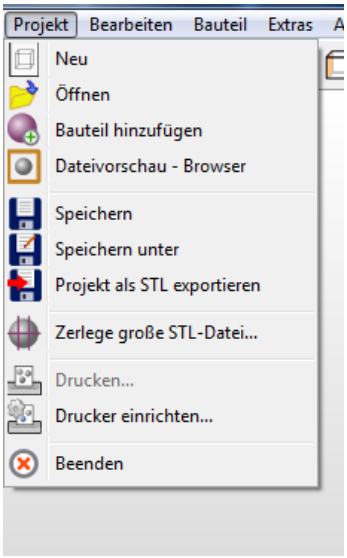


Abbildung 3.1: *Das Projekt-Menü*

3.1 Projekt Starten

Neu

Mit dieser Funktion im Menü Projekt wird ein neues Projekt ohne Inhalt geöffnet. Neue Dateien oder Objekte können eingefügt werden. Achtung: Jegliche Änderungen an bereits geöffneten Projekten werden verworfen.

Undo/Redo

Die Undo-Funktion im Menü Bearbeiten macht die letzte Operation, mit der ein Teil im Standardmodul verändert wurde, rückgängig. Es können nur einfache Aktionen, wie das Bewegen der Teile oder das Starten von neuen Modulen, rückgängig gemacht werden. Wenn ein Originalteil einmal mit einem bearbeiteten Teil ersetzt wurde (z. B. Schneiden oder Reparieren), kann es nicht mehr abgerufen und der Vorgang nicht mehr rückgängig gemacht werden. Mit Redo wird der rückgängig gemachte Ablauf wiederhergestellt.

3.2 Dateien Öffnen

3.2.1 Öffnen

Diese Funktion kann im Menü Projekt, in der Symbolleiste oder durch Doppelklick auf das "Öffnen"-Symbol im Projektbaum abgerufen werden. Sie können netfabb Projekt-Dateien, STL-Dateien und andere mit verschiedener CAD-Software erzeugte dreidimensionale Daten sowie Slice-Dateien, die vorher in netfabb gespeichert wurden, öffnen. Die Objekte, die in diesen Dateien gespeichert sind, werden zum Projekt hinzugefügt. Wenn Sie eine netfabb-Projektdatei öffnen, wird das Projekt geladen und das vorherige Projekt wird verworfen.
In einem Dateibrowser können Sie die gewünschte Datei heraussuchen und öffnen (Abbildung 3.2).
Dateien können aber auch einfach per *drag & drop* geöffnet werden, wenn Sie Dateien von Ihrem Explorer in das netfabb-Fenster ziehen.

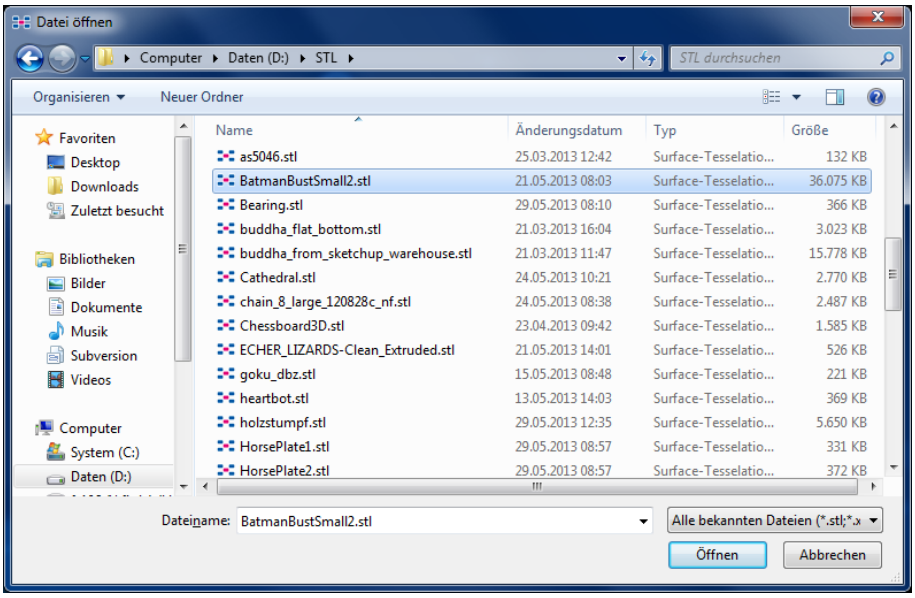


Abbildung 3.2: *Suchen und öffnen sie die gewünschte Datei in diesem Dateibrowser.*

3.2.2 Bauteil hinzufügen

Mit dieser Funktion werden dreidimensionale Teile im STL-Format oder in anderen dreiecksnetzbasierten Formaten zum Projekt hinzugefügt. Sie kann über das Bauteil-Menü, das Kontextmenü eines beliebigen Elements im Bereich "Bauteile" im Projektbaum oder im Kontextmenü des Anzeigebildschirms, wenn Sie in den leeren Raum rechtsklicken, oder durch einen Doppelklick auf den Ordner rechts neben "Bauteile" im Projektbaum aufgerufen werden.
Durch Anklicken einer Datei im erscheinenden Dateibrowser und Klicken auf die Schaltfläche "Öffnen" werden die Teile in das Projekt eingefügt (Abbildung 3.3).

Erweiterter Dateiimport

Der **Erweiterte Dateiimport** muss in den Einstellungen aktiviert werden (siehe Kapitel 10). Er gibt Ihnen die Möglichkeit, Bauteile beim Laden zu vervielfältigen, skalieren oder zu stitchen sowie die Darstellungsgenauigkeit zu ändern.
Wenn Sie Bauteile in Dreiecksnetzformaten zum Projekt hinzufügen, öffnet sich der Dialog des erweiterten Bauteilimports (Abbildung 3.4). Dort befindet sich eine Tabelle mit allen Bauteilen, die Sie öffnen. Zu jedem Teil sind folgende Informationen angegeben: Die Anzahl der Kopien, die Sie hinzufügen, Name, Größe der Outbox

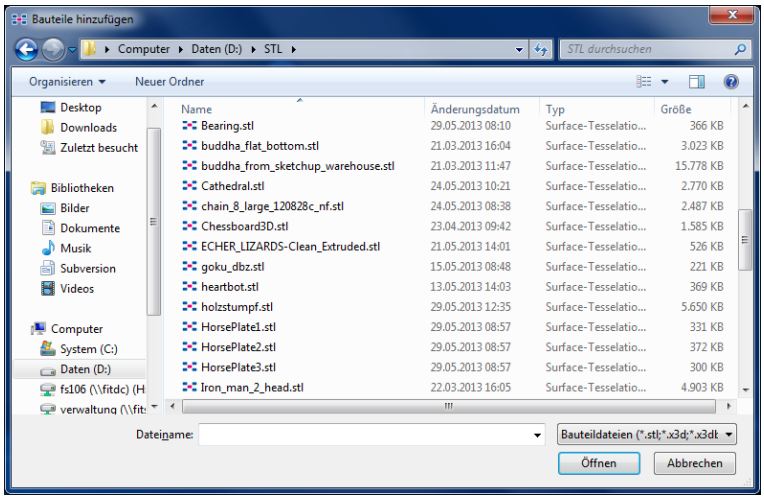


Abbildung 3.3: *Suchen Sie Dateien in diesem Browser und fügen Sie sie in Ihr Projekt ein.*

und Volumen, Anzahl Dreiecke und Shells, Bauteilqualität, Darstellungsgenauigkeit und Skalierungswert.
Die Einstellungen, die diese Punkte betreffen, können für die einzelnen Bauteile verändert werden, teilweise auch für alle Teile.

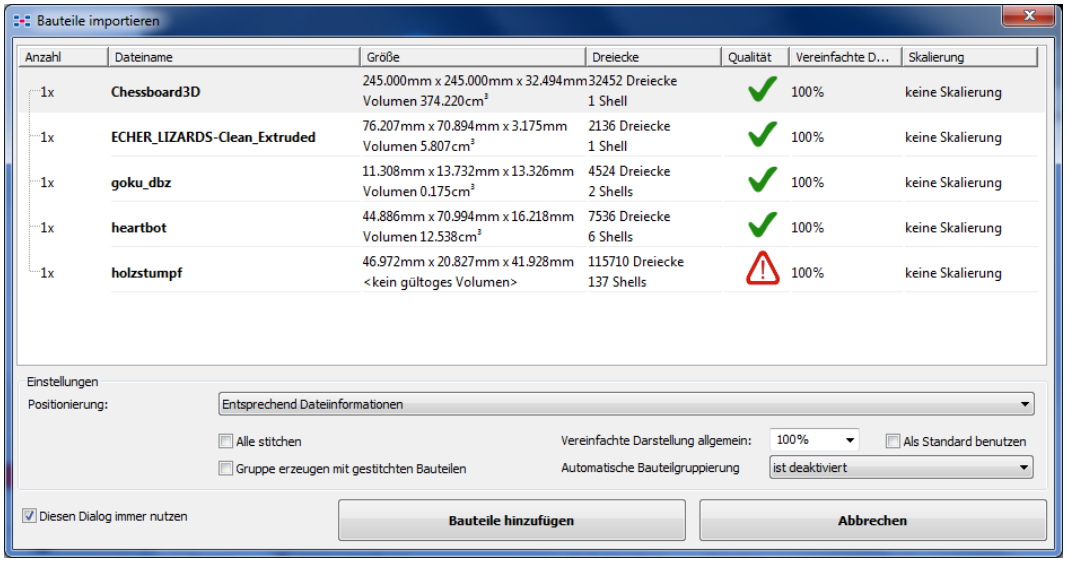

Bauteile importieren
Anzahl
Dateiname
Größe
Dreiecke
Qualität
Vereinfachte D...
Skalierung
1x Chessboard3D 245.000mm x 245.000mm x 32.494mm Volumen 374.220cm³ 32452 Dreiecke 1 Shell 100% keine Skalierung
1x ECHER_LIZARDS-Clean_Extruded 76.207mm x 70.894mm x 3.175mm Volumen 5.807cm³ 2136 Dreiecke 1 Shell 100% keine Skalierung
1x goku_dbz 11.308mm x 13.732mm x 13.326mm Volumen 0.175cm³ 4524 Dreiecke 2 Shells 100% keine Skalierung
1x heartbot 44.886mm x 70.994mm x 16.218mm Volumen 12.538cm³ 7536 Dreiecke 6 Shells 100% keine Skalierung
1x holzstumpf 46.972mm x 20.827mm x 41.928mm <kein gültoges Volumen> 115710 Dreiecke 137 Shells 100% keine Skalierung
Einstellungen
Positionierung:
Entsprechend Dateiinformationen
Alle stitchen
Gruppe erzeugen mit gestitchten Bauteilen
Vereinfachte Darstellung allgemein:
100%
Als Standard benutzen
Automatische Bauteilgruppierung
ist deaktiviert
Diesen Dialog immer nutzen
Bauteile hinzufügen
Abbrechen

Abbildung 3.4: *Der Dialog für den erweiterten Dateiimport.*

Importoptionen für einzelne Bauteile ändern

Wenn Sie auf ein Bauteil in der Tabelle rechtsklicken, öffnet sich ein Kontextmenü, in dem Sie die Importoptionen für genau dieses Bauteil anpassen können (Abbildung 3.5).

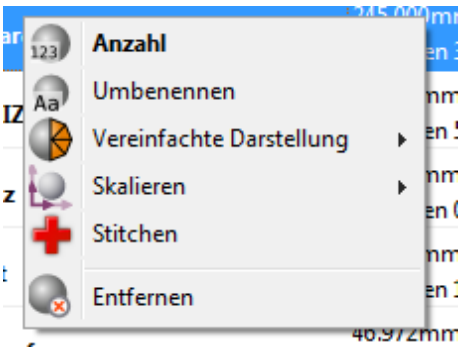


Abbildung 3.5: *Das Kontextmenü nach einem Rechtsklick im erweiterten Dateiimport*

Die **Quantität** bestimmt, ob und wie oft das Bauteil dupliziert wird. Wenn Sie das Teil mehr als einmal einfügen, wird dem Bauteilnamen eine Nummer nachgestellt, zum Beispiel "Box_01" und "Box_02". Die Quantität kann auch nach einem Doppelklick auf ein Teil verändert werden.
Der Bauteilname selbst kann mit dem zweiten Menüpunkt verändert werden.
Die **Vereinfachte Darstellung** ändert tatsächlich nur die visuelle Darstellung der Bauteile und hat keinen Einfluss auf die eigentlichen Eigenschaften. Es handelt sich um die selbe Funktion wie in den Anzeigeoptionen für bereits ins Projekt eingefügte Bauteile (Kapitel 4.3). Indem Sie die Darstellungsgenauigkeit schon beim Importieren herabsetzen, können Sie bei sehr komplexen Bauteilen die Rechenzeit sparen, in der sonst zwischendurch die Darstellung des Bauteils mit allen Details errechnet werden würde.
Um ein Bauteil zu **skalieren**, können Sie im Untermenü die Funktion **inch zu mm** oder **mm zu inch** wählen (siehe Kapitel 6.2.3), einen **benutzerdefinierten Wert** eingeben oder die **Skalierung zurücksetzen** (100%).
Wenn Sie ein Bauteil **stitchen**, werden offene Dreieckskanten wie bei der Funktion "Stitchen" im Reparaturmodul zusammengefügt (Kapitel 7.5.3). Dies kann ein Bauteil vollständig reparieren oder nicht, verbessert aber so gut wie immer die Bau-

teilqualität. Die Anzahl der Dreiecke und Shells sowie die Anzeige der Bauteilqualität werden unmittelbar aktualisiert. Bei beschädigten Bauteilen wird in der Tabelle immer ein Warndreieck eingeblendet (wie bei beschädigten Bauteilen im Projekt). Wenn ein Teil nicht beschädigt ist, wird ein grüner Haken eingeblendet.
Wenn Sie im Kontextmenü **Entfernen** anklicken, wird das Bauteil aus der Liste gelöscht und nicht mehr zum Projekt hinzugefügt.

Einstellungen für alle Bauteile

Unterhalb der Tabelle mit den einzelnen Bauteilen können Sie Einstellungen vornehmen, die auf alle Bauteile zutreffen.
Zum Positionieren der Bauteile gibt es drei Optionen in einem Dropdownmenü:

- **Nach Dateiinformationen:** Die Bauteile werden in der Position ins Projekt eingefügt, die in der Datei mit gespeichert ist.
- **Bauteile zum Ursprung verschieben:** Alle Bauteile werden zum Ursprung verschoben. Die Outbox wird an die Koordinaten X=0, Y=0, Z=0 gesetzt.
- **Bauteile anordnen:** Alle Bauteile werden nach Outbox nebeneinander im Bauraum platziert. Das erste Bauteil wird im Ursprung platziert.

Wenn der Haken für die Option **Alle Stitchen** gesetzt ist, werden bei allen Bauteilen die aneinanderliegenden Dreiecke verbunden.
Die **Vereinfachte Darstellung allgemein** ändert die Darstellungsgenauigkeit für alle Bauteile. Sobald Sie einen Wert im Dropdownmenü auswählen, wird dieser auf alle Bauteile angewandt. Wenn die Option **Als Standard benutzen** aktiviert ist, wird der gewählte Wert beim erweiterten Dateiimport ab sofort von Anfang an eingestellt.
Mit der Option **Gruppe erzeugen mit gestitchten Bauteilen** wird beim Import im Projektbaum eine Gruppe erzeugt, in die alle Bauteile verschoben werden, die gestitcht werden. Wenn Bauteile nicht gestitcht werden konnten, dies aber eingestellt war (z.B. mit der Funktion "Alle Stitchen"), werden sie nicht in die Gruppe verschoben.
Erhöhen Sie die Anzahl einzelner Bauteile auf mehr als 5, können Sie diese in Gruppen ordnen lassen. Wenn Sie ein Bauteil beispielsweise 12 mal laden, dann ändern Sie **Automatische Bauteilgruppierung** auf mehr als 10 Exemplare. Alle 12 Bauteile werden dann in einer Gruppe im Projektbaum organisiert.

Unten links finden Sie noch die Option **Diesen Dialog immer nutzen**. Wenn Sie sie deaktivieren, wird der erweiterte Dateiimport beim Hinzufügen von Bauteilen nicht mehr erscheinen. Er kann in den Programmeinstellungen wieder aktiviert werden.

3.2.3 Dateivorschau - Browser

Sie finden den Dateivorschaubrowser im Projekt-Menü. Er öffnet ein Browser-Fenster im Tabsheet, wo sie Dateien suchen und öffnen können. Wenn Sie auf einen Dateinamen klicken, wird eine Vorschau des Objektes auf dem Anzeigebildschirm angezeigt, ohne dass es zu Ihrem Projekt hinzugefügt wird. Sie können auch mit Ihren Cursor-Tasten durch die Dateien blättern.

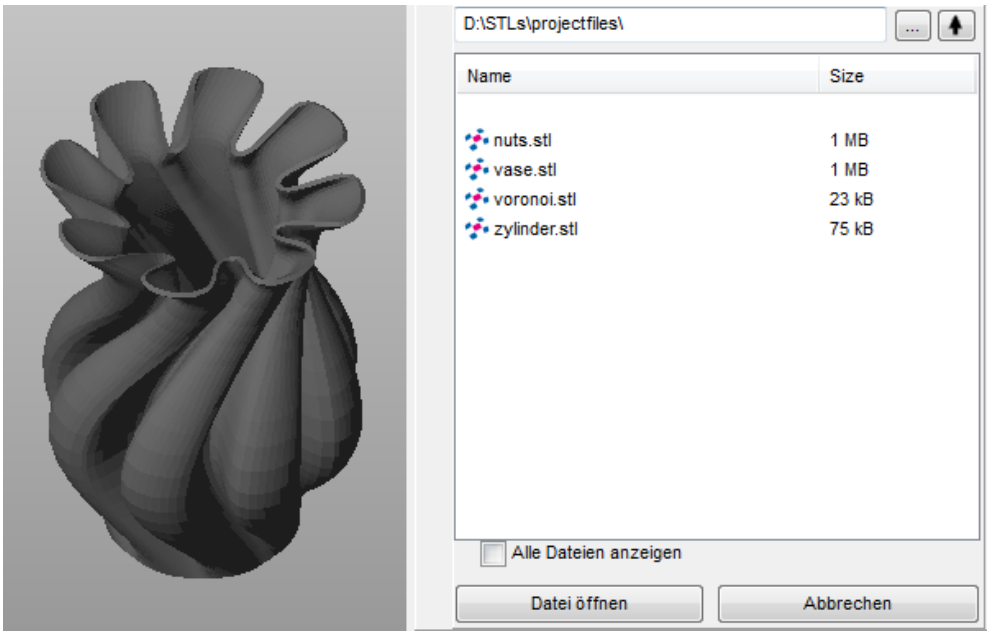


Abbildung 3.6: *Der Dateivorschaubrowser bietet eine Vorschau auf Dateien, ohne dass diese geöffnet werden müssen. Hier eine Vorschau auf eine STL-Datei.*

Die Vorschau funktioniert sowohl mit dreidimensionalen Dateien als auch mit zweieinhalbdimensionalen Schichtdaten. Mit einem Klick auf "Öffnen" oder einem Doppelklick auf den Dateinamen wird die ausgewählte Datei in Ihr Projekt eingefügt. Auf diese Weise können Sie Datenbanken schneller durchsuchen und Bauteile betrachten, ohne ständiges Öffnen der Datei (Abbildungen 3.6, 3.7). Anzeigeoptionen wie Zoomen und Wechseln der Perspektiven bleiben erhalten.

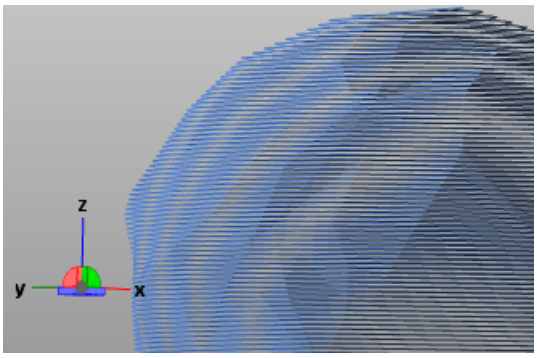


Abbildung 3.7: *Mit verstärktem Zoom sind die einzelnen Schichten des Modells zu erkennen.*

Wenn in den Einstellungen die Option "Dateivorschau immer verwenden" aktiviert ist, startet der Dateivorschaubrowser auch dann, wenn Sie die Funktion "Bauteil hinzufügen" benutzen.

3.2.4 Zerlege große STL Datei

Diese Option ist im Projekt-Menü zu finden. Sie zerschneidet und skaliert ein Bauteil, ohne es zu öffnen. STL-Dateien mit einer großen Komplexität können so in kleinere Abschnitte aufgeteilt werden, bevor sie in ein Projekt eingefügt werden. Damit ist es alsomöglich, nur einen Bereich des Teiles zu laden. So kann man viel Rechenzeit einsparen.
Zusätzlich kann die Dateigröße durch Skalierung des Objekts vor dem Öffnen reduziert werden.
Wenn Sie die Funktion starten, müssen Sie eine Datei in einem Datei-Browser auswählen. Anschließend können die Parameter für die Funktion in einer Dialogbox festgelegt werden (Abbildung 3.8).
Die STL-Information gibt die Größe der Outbox des Teils, die Anzahl der Dreiecke und die Größe der STL-Datei an. Die Outbox ist ein quaderförmiger Raum der das Teil umschließt.
In der unteren Hälfte sehen Sie die Angaben für die Zerlegung und die Skalierung der Datei . Mit den ersten drei Feldern können Sie das Teil skalieren, indem Sie Prozentwerte für die Abmaßungen des Teils entlang der X-, Y- und Z-Achsen einstellen. Darunter können Sie eine Zahl für jede Achse eingeben, die bestimmt, in wie viele

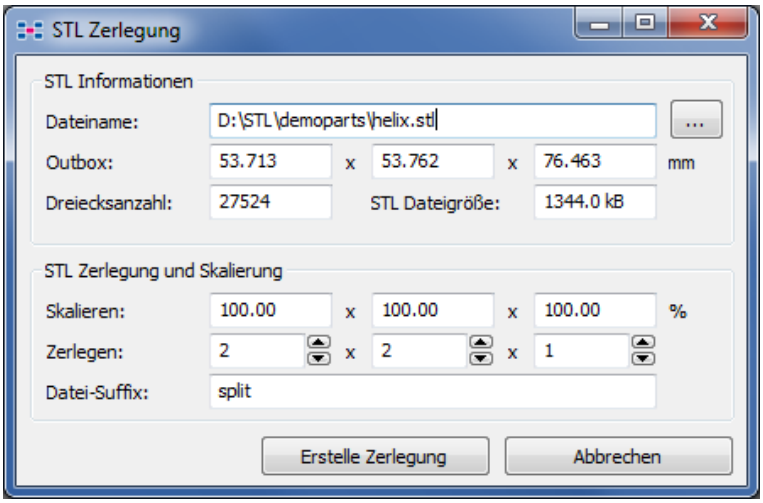


Abbildung 3.8: *In diesem Beispiel wird eine Helix in der Z-Achse in 10 Abschnitte mit gleicher Höhe aufgeteilt.*

Bauteile das Originalbauteil entlang der jeweiligen Achse zerteilt wird. Die Teilung erfolgt immer im gleichen Abstand. Die Dateiendung wird an den Dateinamen der neuen Dateien zugesetzt.
Mit einem Klick auf "Erstelle Zerlegung" wird das Teil entsprechend Ihrer Einstellungen skaliert und aufgeteilt und es werden neue STL-Dateien erstellt, bestehend aus den jeweiligen Abschnitten des Originals. Das ursprüngliche Teil wird nicht ersetzt (Abbildung 3.9).

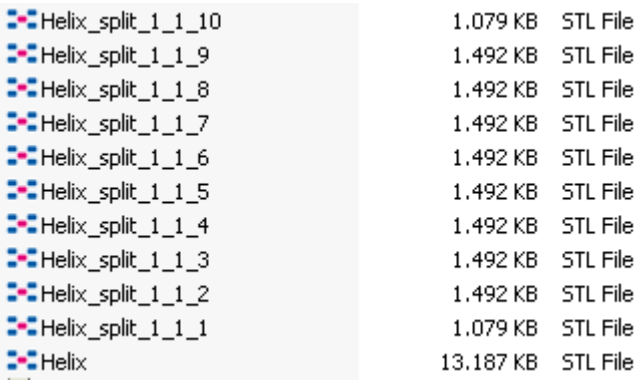

Helix_split_1_1_10 1.079 KB STL File
Helix_split_1_1_9 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_8 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_7 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_6 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_5 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_4 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_3 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_2 1.492 KB STL File
Helix_split_1_1_1 1.079 KB STL File
Helix 13.187 KB STL File

Abbildung 3.9: *Die resultierenden Dateien sind im Dateivorschaubrowser Dialog aufgelistet.*

Damit können Sie diese zerlegten Teile Stück für Stück öffnen (Abbildung 3.10).

Abbildung 3.10: *Zwei der aufgeteilten Teile sind im Projekt geladen und ihre Maße werden im Tabsheet spezifiziert.*

3.2.5 Bericht erstellen

Die Funktion **Bericht erstellen** ist im Projetk-Menü verfügbar. Netfabb hilft Ihnen bei der Erstellung von offiziellen Dokumenten und Angeboten, die Informationen über die Modelle beinhalten (figure 3.11).

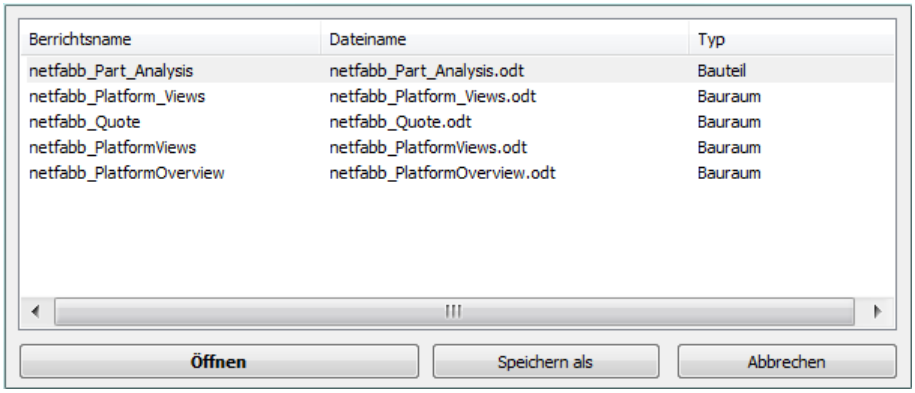


Abbildung 3.11: *Berichtauswahl: Ein Dokument / eine Vorlage mit wichtigen Informationen über das Bauteil wird erstellt.*

In der .odt-Datei werden Screenshots und Daten von dem Bauteil angezeigt in der von Ihnen entsprechend gewälten Form (figure 3.11). Sie können diese Dokumente als Vorlagen benutzen und an Ihre Kunden und Mitarbeiter für einen ordentlichen Arbeitsablauf weitergeben. Mit **Bericht erstellen** im Projekt Menü erhalten Sie ein Dialogfeld, in dem Sie einen der folgenden Berichten auswählen können:
Das Dokument kann nun ausgedruckt oder bearbeitet werden, um ein Angebot oder eigene Notizen hinzuzufügen.

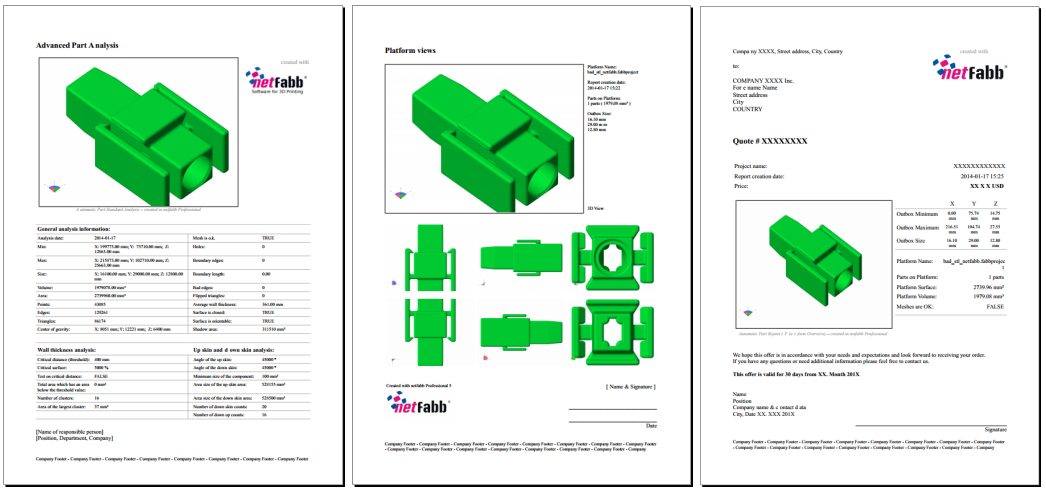


Abbildung 3.12: *Berichte und Vorlagen für die erweiterte Bauteilanalyse (links), Plattform Ansichten (mitte) und Angebote (rechts).*

3.2.6 Professional Tool: CAD Import

Mit dem für netfabb Professional erhältlichen Zusatztool CAD Import können Sie native CAD-Daten in netfabb laden. Um eine Datei im CAD-Format zu importieren, klicken Sie auf **CAD Datei importieren...** im Projekt Menü. Wählen Sie im neuen Tabsheet unter **Öffnen** die Datei aus (figure 3.13) und es erscheint eine Vorschau des Modells. Nun kann der Detailgrad bestimmt werden: Eine niedrige Genauigkeit empfiehlt sich, wenn das Bauteil zum Beispiel zur Angebotserstellung betrachtet wird. Eine hohe Genauigkeit dagegen ist sinnvoll, wenn das Bauteil editiert oder produziert wird. Mit der automatischen Aktualisierung werden alle Änderungen sofort angezeigt, was allerdings zu längeren Kalkulationszeiten führen kann. Schließen kann noch die Maßeinheit festgelegt werden.
Die Vorschau zeigt an, wie viele Dreiecke das Bauteil enthält. Wählen Sie aus, ob Sie das Dreiecksnetz anzeigen lassen möchten und ob das Bauteile in seine einzelnen Teile / Hüllen zerlegt geladen werden soll. Klicken Sie auf **Importieren**, um das Bauteil in netfabb zu laden.

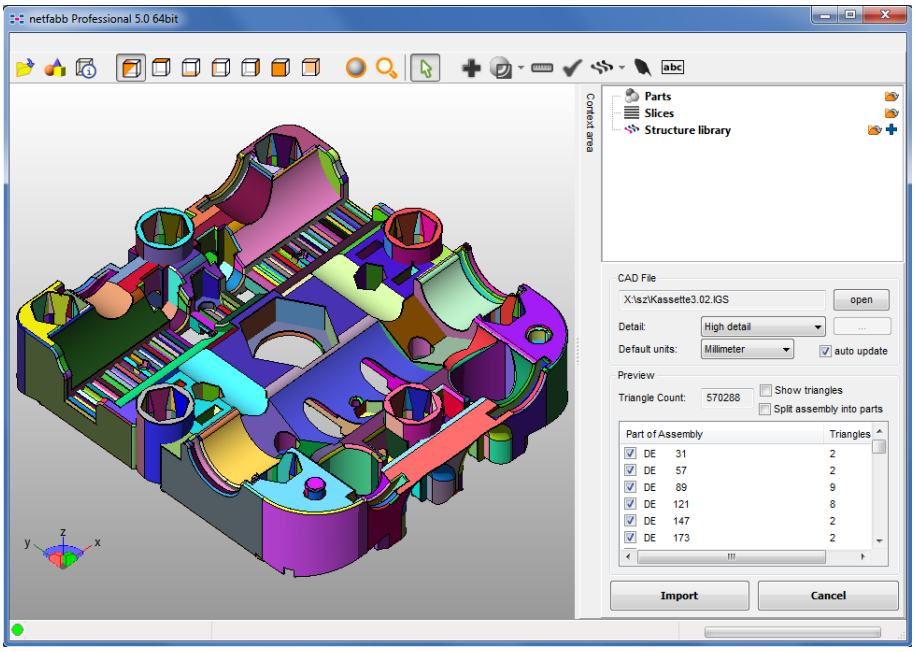


Abbildung 3.13: *Der CAD Import Dialog beim Importieren einer IGES-Datei.*

3.3 Speichern und Exportieren

3.3.1 Speichern

Wenn Sie im Menü Projekt **Speichern** auswählen, wird das Projekt gespeichert und die vorher gespeicherte Version wird überschrieben.

Wenn Sie **Speichern unter** wählen, oder wenn keine vorhandene Version des Projektes existiert, wird ein Dialogfenster geöffnet, in dem Zielverzeichnis, Dateiname und Dateityp gewählt werden kann (Abbildung 3.14).

3.3.2 Projekt als STL exportieren

Das gesamte Projekt, das möglicherweise aus vielen verschiedenen Teilen besteht, wird mithilfe eines Dateibrowsers als STL-Datei gespeichert.

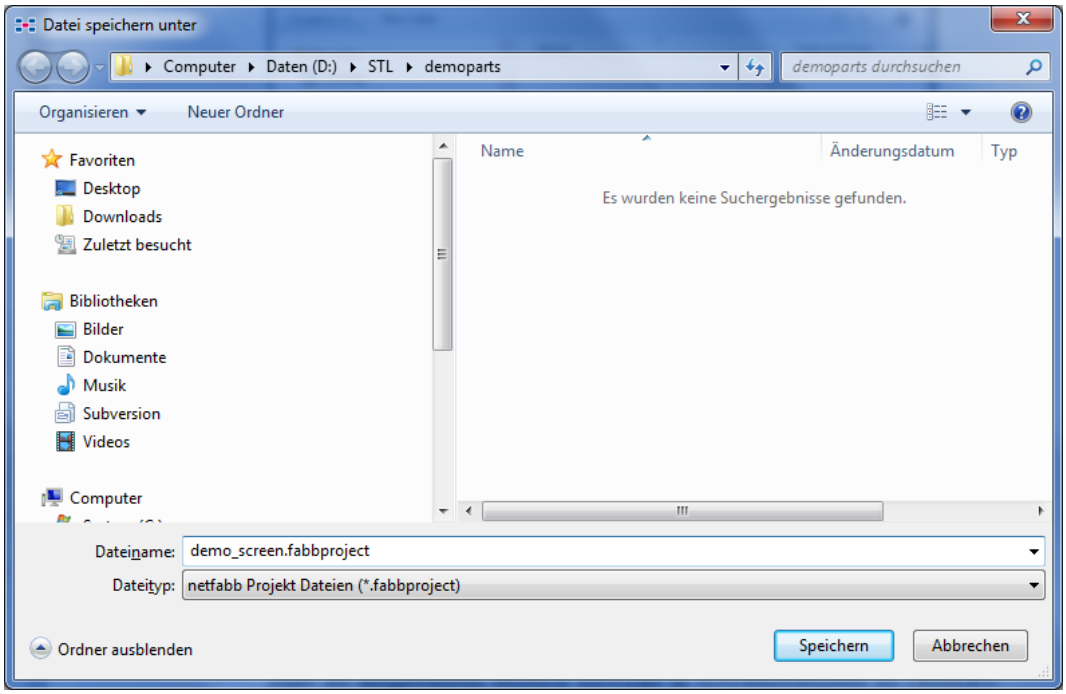


Abbildung 3.14: *Wählen Sie Zielverzeichnis, Dateityp und Dateinamen im Browserfenster.*

3.3.3 Bauteil exportieren

Diese Funktion im Bauteil-Menü oder im Kontextmenü eines Bauteils speichert die ausgewählten Bauteile entweder in 3D-Dateiformaten als Dreiecksnetz oder als Slice-Dateien. Die neuen Dateien werden dann in einem ausgewählten Verzeichnis gespeichert.

Wählen Sie zuerst alle Bauteile aus, die Sie speichern bzw. exportieren wollen. Wenn Sie im Menü die Maus auf **Exportieren** verschieben, erscheint ein Untermenü, in dem sie ein 3D-Format oder Slice-Dateien allgemein wählen können. Das Dateiformat kann im nächsten Schritt jedoch immer noch geändert werden. Für den Export eines Teils in eine dreidimensionale Datei sind die gleichen Dateitypen möglich wie zum Öffnen von Dateien (Kapitel 2.5), sowie das AMF- und das VRML-Format.

Wenn Sie ein Teil als Schichtdatei exportieren, wird eine Schichtdatei erstellt ohne den Zwischenschritt der Betrachtung und Überprüfung im Slice Commander. Die Optionen für den Export von Bauteilen als Schichtdateien sind dieselben wie im Slice Commander beschrieben (Kapitel 9.7).

3D-Daten exportieren

Nachdem Sie im Untermenü ein Dateiformat anklicken erscheint eine Dialogbox, in der Sie Ihre Exporteinstellungen ändern können (Abbildung 3.15).

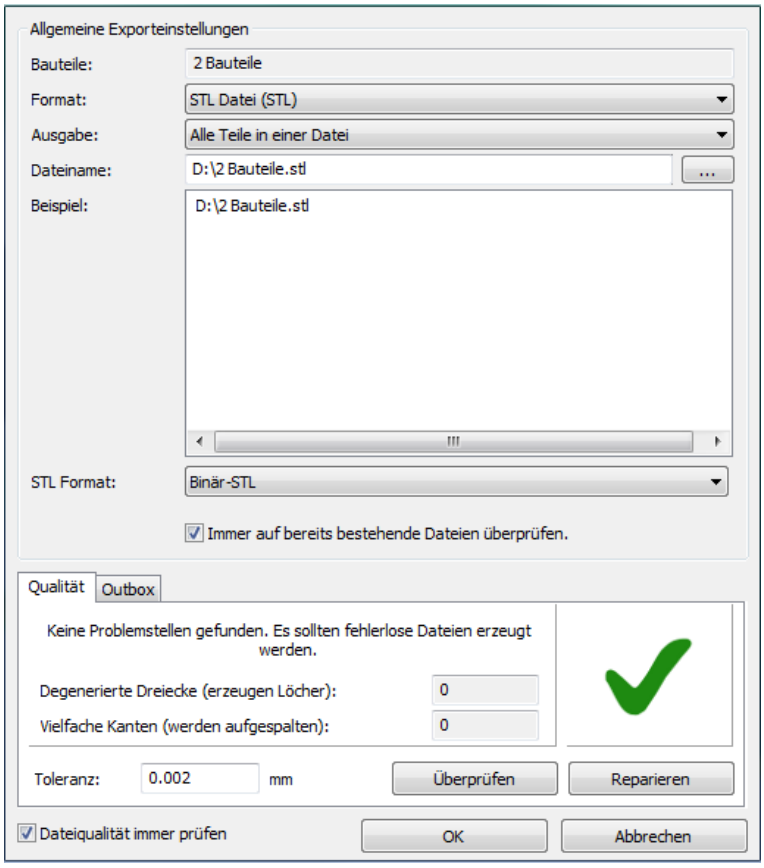


Abbildung 3.15: *Mit einem Klick auf "Reparieren", kann das Bauteil für den Export zum STL Format optimiert werden.*

Im Textfeld **Bauteile** wird, wenn Sie nur ein Teil ausgewählt haben, der Name des Bauteils angegeben oder, wenn Sie mehrere Teile ausgewählt haben, die Anzahl der Bauteile angegeben.
Im Dropdown-Menü darunter können Sie nochmal wählen, in welchem Dateiformat Ihre Bauteile gespeichert werden sollen. Für die verschiedenen Formate gibt es dann auch verschiedene Exportoptionen (Abbildung 3.16).
Die **Ausgabe** betrifft die Art und Weise, ob und wie die gespeicherten Dateien gruppiert und benannt werden. Mit der ersten Option werden **alle Bauteile in einer Datei**

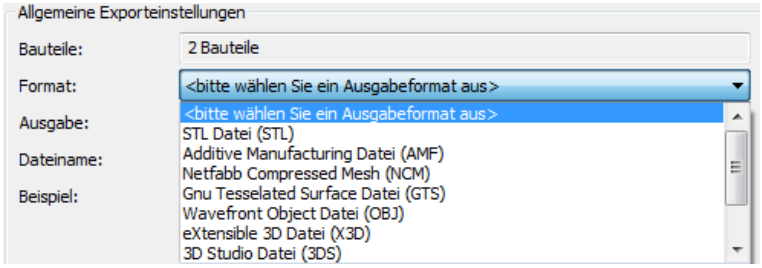


Abbildung 3.16: *Das Dropdown-Menü für das Dateiformat.*

gespeichert, mit dem im nächsten Feld eingegebenen Dateinamen. Mit den übrigen Optionen wird für jedes Bauteil eine einzelne Datei erzeugt: Sie können die Teile mit **gemeinsamem Dateinamen und Nummer**, mit **gemeinsamem Dateinamen und ihrer Bauteil-ID** (ihrer Nummer im Projekt, siehe Kapitel 5.7), mit den **originalen Bauteilnamen und einer Ladeliste** oder **mit gemeinsamem Dateinamen und dem originalen Bauteilnamen** hinten angestellt speichern (Abbildung 3.17). Mit der Option "Originale Bauteilnamen mit Ladeliste" werden alle Bauteile unter ihrem Projektnamen gespeichert. Dazu wird eine XML-Datei erstellt, die eine Liste der gespeicherten Dateien enthält. Wenn Sie diese Datei später mit netfabb öffnen, werden alle Dateien auf dieser Liste geöffnet.
Der gemeinsame Name für alle anderen Optionen kann unterhalb im Textfeld eingegeben werden. Mit der Schaltfläche "..." öffnet sich ein Fenster, in dem Sie ein Dateiverzeichnis als Ziel wählen können. Im Feld **Beispiel** sehen Sie eine Vorschau auf die Dateinamen, die bei derzeitigen Einstellungen erzeugt werden würden.

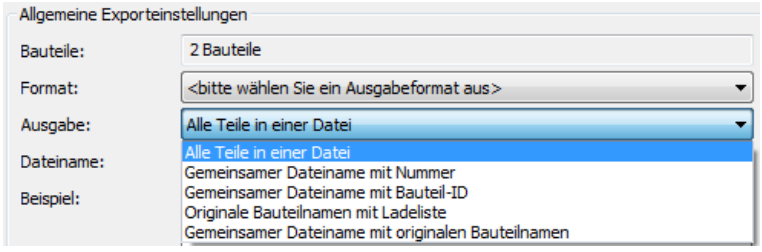


Abbildung 3.17: *Das Dropdown-Menü für die Ausgabe.*

Unten im Dialog gibt es ein kleines Tabsheet mit den Registern **Qualität** und **Outbox**.
Im Register **Qualität** (Abbildung 3.18) können Sie mit einem Button **Überprüfen**,

ob die Dateien, die erzeugt werden, Fehler verursachen, wenn Sie wieder geöffnet werden. Sie können auch unten im Dialog einen Haken setzen um beim Start des Dialogs die **Dateiqualität immer zu prüfen**.
Nach dem Überprüfen wird die Anzahl degenerierter Dreiecke und vielfacher Kanten in Textfeldern angegeben. Degenerierte Dreiecke sind sehr klein oder dünn und können Löcher verursachen. Vielfache Kanten können aufgespalten werden. Die **Toleranz** bestimmt die Präzision der Fehlerberechnung. Wenn die Entfernung zwischen zwei Dreieckspunkten unter dem Toleranzwert liegt, wird ein Fehler gemeldet.
Bei Problemen wird rechts ein rotes X eingeblendet. Sobald die Dateien fehlerfrei sind, wird ein grüner Haken eingeblendet. Mit der Schaltfläche **Optimieren** werden diese Fehler automatisch behoben. Die Dateien werden nochmal überprüft und sollten in Ordnung sein. Manchmal muss die Reparatur wiederholt werden.
Im Register **Outbox** wird die Größe der ausgewählten Bauteile angegeben. Zunächst wird die Länge der Outbox entlang der drei Raumachsen angegeben, dann der jeweilige Minimal- und der Maximalwert.

Exportoptionen nach Dateiformat

Weiter Exportoptionen sind nur bei bestimmten Dateiformaten verfügbar. Kurze Beschreibungen der einzelnen Formate finden Sie in Kapitel 2.5.

STL:
Für STL-Dateien gibt es ein zusätzliches Dropdown-Menü zur Bestimmung, ob Sie eine ASCII oder eine binäre STL-Datei erzeugen wollen. Binäre STL-Dateien sind im Allgemeinen kleiner, und es werden die Maßeinheiten mit gespeichert.

AMF:
Das AMF-Format ist ein neues Dateiformat, das den neuen Standard für die Additive Fertigung bilden soll. Sie können wählen ob Sie die Dateikompression aktivieren oder nicht. Mit Dateikompression kann der Export etwas mehr Zeit brauchen, dafür werden ohne Qualitätsverlust kleinere Dateien erzeugt (Abbildung 3.20).

X3D:
Sie können entweder Standard-X3D-Dateien oder binäre X3D-Dateien erzeugen. Die binäre Datei wird gepackt und braucht daher weniger Speicherplatz. Dafür kann der Export mehr Zeit in Anspruch nehmen.
Zudem können Sie Haken setzen um Texturen, Punktfarben, Punktnormalen oder Dreiecksfarben zu exportieren. Diese Informationen werden zwar von netfabb nicht

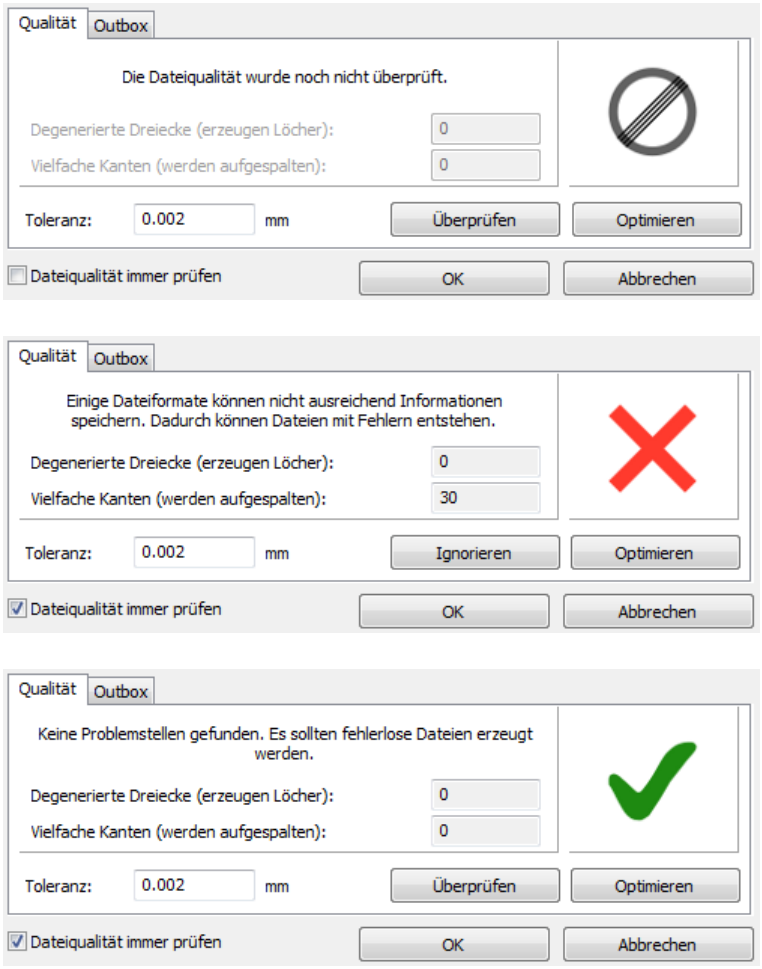


Abbildung 3.18: *Oben: Die Dateiqualität wurde noch nicht überprüft. Mitte: Die exportierten Dateien haben degenerierte Dreiecke und vielfache Kanten. Unten: Die Dateien wurden optimiert und sind fehlerfrei.*

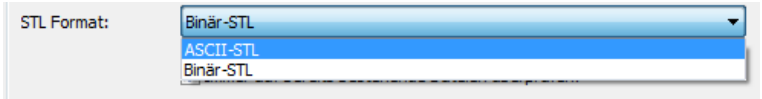


Abbildung 3.19: *Wählen Sie eine Art von STL-Datei.*

angezeigt und spielen im Programm auch keine Rolle, werden aber weiter gespeichert, falls sie in den ursprünglich geladenen Daten mit enthalten waren (Abbildung 3.21).

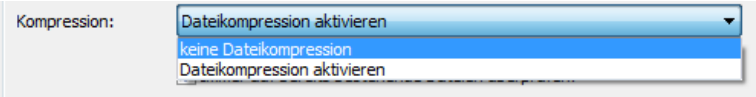


Abbildung 3.20: *Die Optionen für AMF-Dateien.*

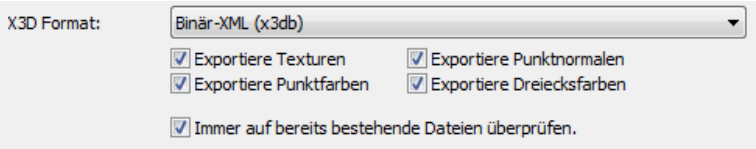


Abbildung 3.21: *Die Optionen für X3D-Dateien.*

3DS:
Bei 3DS-Dateien können Sie wählen ob Sie Texturen exportieren wollen (siehe X3D).
VRML:
Wie bei X3D-Dateien (siehe oben) können Texturen, Punktfarben, Punktnormalen und Dreiecksfarben exportiert werden.

3.4 Drucken und Screenshots

Drucken

Mit dieser Funktion im Projekt-Menü können Sie die aktuelle Ansicht des Projektes drucken. Mit "Drucker konfigurieren" können Sie die Druckereinstellungen ändern.

Screenshot in Zwischenablage

Diese Funktion befindet sich im Bearbeiten-Menü und kopiert einen Screenshot des Anzeigebildschirms in die Zwischenablage. Der Screenshot kann dann in andere Dateien eingefügt werden.

Screenshot speichern

Mit dieser Funktion im Bearbeiten-Menü wird ein Screenshot des Anzeigebildschirms als PNG-Datei in ein ausgewähltes Verzeichnis gespeichert.

Kapitel 4

Ansichtsoptionen

Die Ansicht eines Projekts kann auf verschiedene Art und Weise verändert werden. Für die Perspektive, aus der das Projekt betrachtet wird, gibt es sieben verschiedene Standardrichtungen sowie die Möglichkeit, die Richtung intuitiv mit der Maus anzupassen. Für das Verschieben der Ansicht und den Zoom kann auch die Maus verwendet werden. Zudem gibt es Standard-Zoomoptionen.
Es ist auch möglich, Objekte zu verstecken und vorübergehend nicht anzuzeigen, so dass man leichter die Übersicht über ein Projekt behält.
Um eine ungehinderte Sicht auf ausgewählte Bauteile zu erhalten, können sie auch die 'H'-Taste auf Ihrer Tastatur gedrückt halten. **Ausgewählte Teile** werden dann **hervorgehoben** und immer im Vordergrund angezeigt, unabhängig von ihrer Position.
Weitere Ansichtsoptionen für den Anzeigebildschirm sind eine vereinfachte Darstellung, das unterschiedliche Einfärben von Innenseiten, das Anzeigen des Dreiecksnetzes und von Kanten sowie das Darstellen des Bauraums.

4.1 Perspektive

Die Perspektive ist die Raumrichtung, aus der ein Projekt betrachtet wird. Unten links im Anzeigebildschirm befindet sich ein Koordinatensystem, anhand dessen die momentane Perspektive erkannt werden kann (Abbildung 4.2).
Es gibt zwei Methoden, mit denen die Perspektive geändert werden:
Wenn Sie die **rechte Maustaste** gedrückt halten und die Maus in die Richtung bewegen, in die Sie das Projekt visuell drehen wollen, können Sie intuitiv eine beliebige

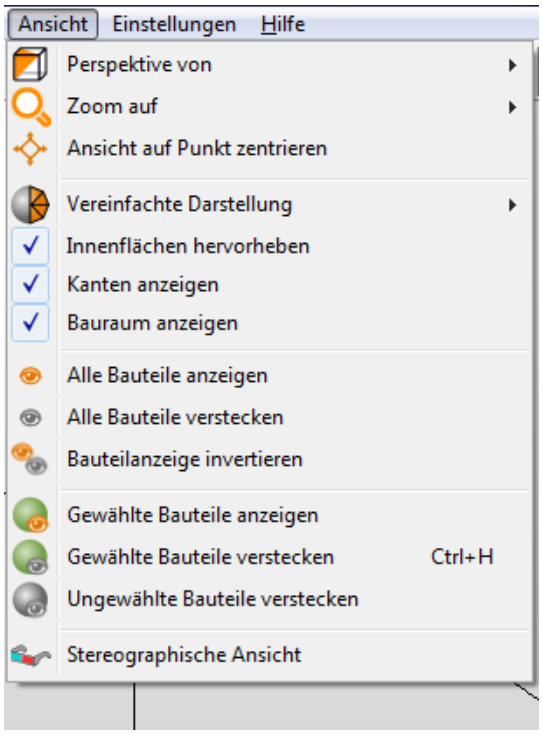


Abbildung 4.1: *Das Ansicht-Menü*

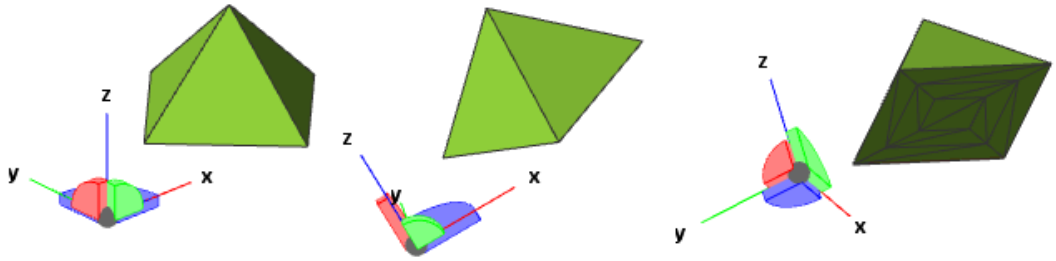


Abbildung 4.2: *Ein Objekt aus drei verschiedenen Perspektiven gesehen, zusammen mit dem Koordinatensystem.*

Perspektive einstellen. Die Mitte des Anzeigebildschirms bildet dabei immer das Rotationszentrum. Wenn Sie weit außen im Anzeigebildschirm rechtsklicken, wird die Perspektive nur zweidimensional nach rechts, links, oben und unten gedreht.
Wenn Sie einen bestimmten Punkt auf einem Bauteil zum Rotationszentrum machen wollen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf diesen Punkt und wählen Sie "Ansicht hier zentrieren" im Kontextmenü. Die Ansicht wird dann so verschoben,

dass dieser Punkt in der Mitte des Anzeigebildschirms ist und zum Rotationszentrum wird.
Zudem gibt es sieben **Standardperspektiven**, die sich auf das Koordinatensystem beziehen. Die Vorderseite des Bauraums ist die X-Z-Ebene mit der Y-Koordinate null. Anhand dessen gibt es die Ansicht von oben, unten, links, rechts, vorne und hinten. Die siebte Standardperspektive ist die isometrische Ansicht von vorne links oben. Sie bietet eine Art dreidimensionale Ansicht auf den Bauraum und auf Objekte, die entlang der Achsen positioniert sind (Abbildung 4.3).

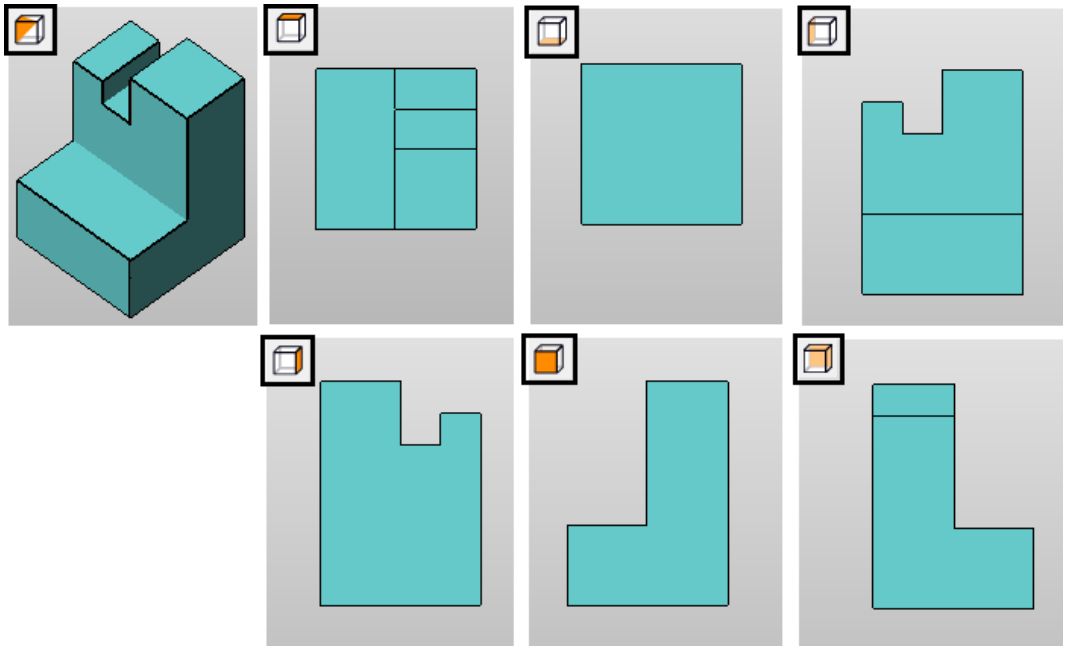


Abbildung 4.3: *Ein Bauteil aus den sieben verschiedenen Standardansichten.*

Es gibt drei Möglichkeiten, wie man die Standardansichten einstellen kann:

1. Sie können mit einem Mausklick auf das jeweilige Symbol in der Symbolleiste, oder durch Auswahl einer der Perspektiven im Ansicht-Menü eingestellt werden (Abbildung 4.4).

2. Die farbigen Ebenen im Koordinatensystem sind zusätzliche Ein-Klick-Optionen für die Standardperspektiven. Mit Standard-Farbeinstellungen stellt man mit einem Klick auf die graue Fläche am Ursprung die isometrische Ansicht her. Mit der blauen Fläche schaltet man zwischen den Ansichten entlang

Abbildung 4.4: *Die Symbole für die Standardperspektiven von links nach rechts: Isometrische Ansicht, Ansicht von oben, unten, links, rechts, vorne, hinten.*

der Z-Achse (oben und unten) hin und her, mit der roten Fläche zwischen denen entlang der X-Achse (links und rechts) und mit der grünen Fläche zwischen denen entlang der Y-Achse (vorne und hinten).

3. Mit der Leertaste können Sie die Standardansichten vorwärts durchklicken. Wenn Sie Shift gedrückt halten und die Leertaste drücken, können Sie sie rückwärts durchklicken. Wenn noch keine Standardperspektive eingestellt ist, beginnt das Programm mit der isometrischen Ansicht.

4.2 Zentrieren und Zoomen

Ansicht verschieben

Wenn Sie die **mittlere Maustaste** gedrückt halten und die Maus bewegen, wird die Ansicht auf das Projekt verschoben. Dabei wird nur das Zentrum seitlich verschoben, die Perspektive bleibt die gleiche. Wenn Sie keine mittlere Maustaste haben, halten Sie einfach Shift und die rechte Maustaste gedrückt.

Ansicht zentrieren

Nach einem Rechtsklick auf ein Bauteil im Anzeigebildschirm können Sie die mit der Option **Ansicht hier zentrieren** die Ansicht so verschieben, dass der Punkt, auf den Sie geklickt haben, genau in die Mitte des Bildschirms verschoben wird. Wenn Sie dieselbe Option im Ansicht-Menü wählen, klicken Sie mit links auf den Punkt, den Sie ins Zentrum verschieben möchten.

Zoomen

Die **Rolltaste** der Maus kann benutzt werden um den Zoom zu ändern. Mit Vorwärts-Rollen zoomen Sie hinein, rückwärts zoomen Sie heraus. Wenn Sie keine Rolltaste

haben, halten Sie Strg und die rechte Maustaste und bewegen Sie die Maus nach oben und unten. Mit der Tastatur zoomen Sie mit **Q** hinein und mit **A** hinaus.
Zudem gibt es einige **Standardzoomoptionen** in der Symbolleiste und im Ansicht-Menü: Je nach Option, setzt das Programm eine bestimmte Komponente ins Zentrum und berechnet einen äußeren Rahmen für den Anzeigebildschirm. Sie finden diese Zoom-Optionen in der Symbolleiste und im Ansicht-Menü.

Abbildung 4.5: *Die Zoomoptionen in der Symbolleiste.*

Zoom auf alle Bauteile

Die Teile des Projekts passen genau in den Bildschirm.

Zoom auf ausgewählte Bauteile

Die ausgewählten Bauteile passen genau in den Bildschirm.

Zoom auf Bauraum

Der Bauraum passt genau in den Bildschirm.

Zoom auf Alles

Die Ansicht beinhaltet alle Bauteile und den gesamten Bauraum.

Zoom auf gewählten Bereich

Diese Option wird auch mit F2 gestartet. Es wird ein Modus aktiviert, in dem Sie, wenn Sie die linke Maustaste gedrückt halten, mit der Maus ein Auswahlrechteck ziehen können. Das Programm zoomt dann auf dieses Rechteck (Abbildung 4.6). Dafür ist es in diesem Modus nicht möglich, mit der Maus Bauteile auszuwählen, zu verschieben oder zu drehen. Sie kommen zurück in den Standardmodus, wenn sie F3 drücken oder auf das Symbol mit dem Mauszeiger klicken.

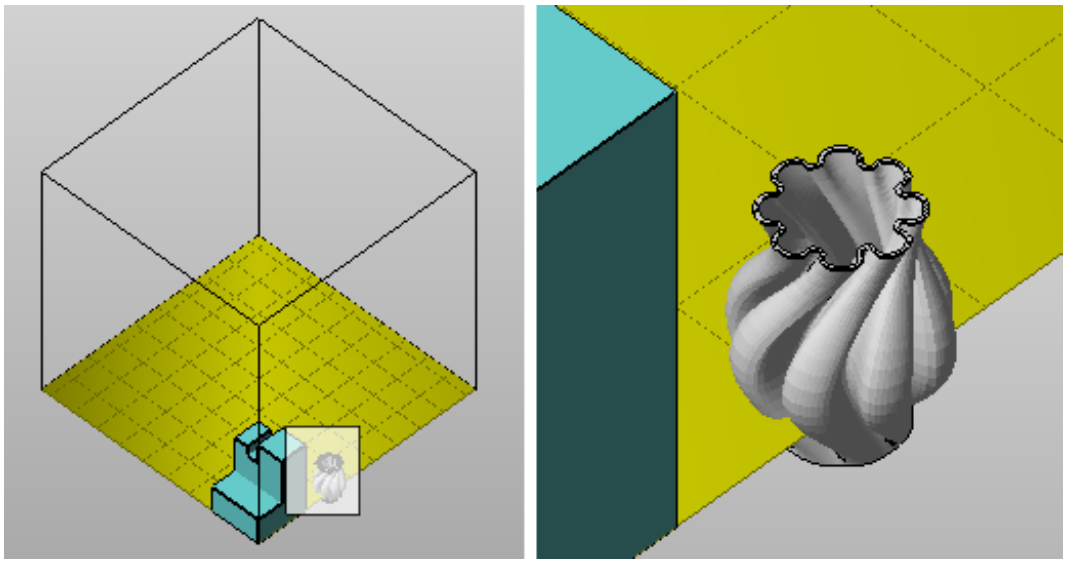


Abbildung 4.6: *Links: Das Ziehen eines Auswahlrechtecks. Rechts: netfabb zoomt auf diesen Bereich.*

4.3 Anzeigeoptionen

Bauteile verstecken und anzeigen

Ausgewählte Objekte können ausgeblendet (=versteckt) und wieder angezeigt werden, indem Sie die entsprechende Option im Kontextmenü wählen oder auf das Auge links neben dem Bauteilnamen im Projektbaum klicken (Abbildung 4.7). Wenn ein Objekt versteckt ist, wird dieses orange Auge grau. Bauteile zu verstecken kann helfen, den Überblick über das Projekt zu behalten und eine klare Sicht auf verdeckte Bauteile zu erhalten. Im Tabsheet unten ist eine kleine Infobox, in der angegeben wird, wie viele Bauteile im Projekt versteckt sind.

Abbildung 4.7: *Klicken Sie auf das Auge, um das Bauteil zu verstecken*

Für ungehinderte Sicht auf Bauteile im Hintergrund, können diese aber auch ausgewählt und mit der H-Taste im Vordergrund angezeigt werden.
Wenn Sie im Anzeigebildschirm oder auf Bauteile im Projektbaum rechtsklicken,

oder wenn Sie das Ansicht-Menü öffnen, finden Sie weitere Optionen zum Verstecken und Anzeigen von Objekten:
Wenn Sie im Bildschirm in den leeren Raum klicken, können Sie entweder **alle Teile anzeigen, alle Teile verstecken**, die **Anzeige von allen Teilen invertieren** oder **nicht ausgewählte Bauteile verstecken**, so dass nur noch die Auswahl angezeigt wird. Wenn Sie hingegen auf ein Bauteil rechtsklicken, können Sie **ausgewählte Bauteile anzeigen oder verstecken** (oder ebenfalls "nicht ausgewählte Bauteile verstecken"). Da die Auswahl sich mit dem Rechtsklick auf ein Teil ändern kann, kann es nötig sein, diese Funktion über den Projektbaum abzurufen. Im Bildschirm macht es nur Sinn, wenn eines der ausgewählten Bauteile bereits angezeigt wird und Sie auf dieses Teil klicken.

Vereinfachte Darstellung

Die vereinfachte Darstellung kann in der Symbolleiste oder im Ansicht-Menü eingestellt werden. Sie können in einem untergeordneten Menü ein Detaillevel zwischen 0,1% und 100% auswählen. Diese Levels werden für alle ausgewählten Bauteile oder, wenn kein Bauteil ausgewählt ist, für alle Bauteile umgesetzt (Abbildung 4.8). Im Projektbaum finden Sie hinter jedem Bauteilnamen in Klammern den Prozentwert der momentanen Darstellung.

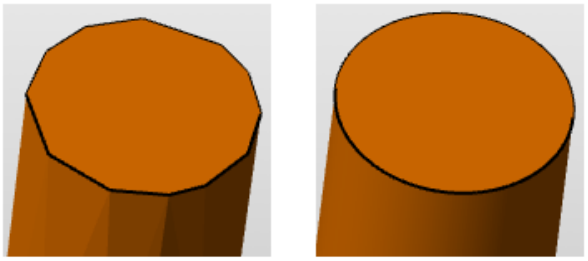


Abbildung 4.8: *Niedriges und hohes Detaillevel.*

Die vereinfachte Darstellung ist besonders dann empfehlenswert, wenn Ihr Projekt sehr viele oder sehr komplexe Bauteile enthält und damit lange Rechenzeiten bei der Änderung der Ansicht benötigt. Mit einem geringen Detaillevel sind sehr viel schnellere Berechnungen möglich.

Trotz der vereinfachten Darstellung ändert sich nichts an den eigentlichen Eigenschaften des Bauteils.

Innenflächen hervorheben

Diese Option finden Sie im Ansicht-Menü. Die Innenseite der Dreiecke wird immer rot angezeigt (mit Standardeinstellungen), auch wenn das Bauteil ausgewählt ist. Damit können invertierte Dreiecke und Löcher auch im Standardmodul schnell und einfach erkannt werden (Abbildung 4.9).

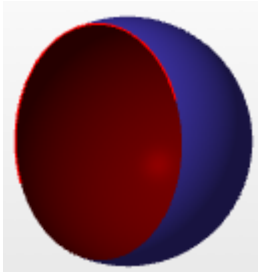


Abbildung 4.9: *Innenseiten werden rot dargestellt.*

Kanten anzeigen

Diese Option im Ansicht-Menü, bestimmt, ob scharfe Kanten von Bauteilen im Anzeigebildschirm mit einer schwarzen Linie betont werden (Abbildung 4.10).

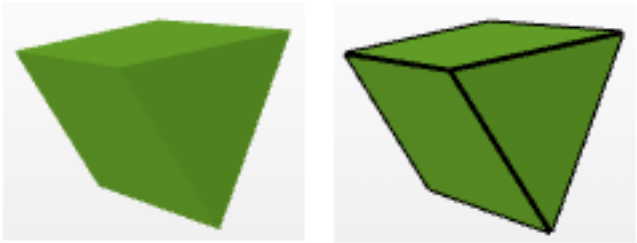


Abbildung 4.10: *Ein Bauteil ohne und mit der Anzeige von Kanten.*

Bauraum anzeigen

Der Bauraum ist ein dreidimensionaler Bereich, der den Bauraum eines 3D-Druckers darstellt (Kapitel 2.4). Seine Größe kann in den Einstellungen verändert werden (Kapitel 10). Der Bauraum kann im Anzeige-Menü ein- und ausgeblendet werden.
Wenn Sie ein oder mehrere Teile ausgewählt haben, können Sie die 'p'-Taste (wie: Platform) auf dem Keyboard gedrückt halten, um einen virtuellen Bauraum anzuzeigen. Dieser hat die gleichen Ursprungskoordinaten wie Ihre ausgewählten Teile (Abbildung 4.12). Damit können Sie immer sehen, wie viel Platz Ihre ausgewählten Bauteile im Bauraum einnehmen würden, wenn Sie sie zum Ursprung verschieben.

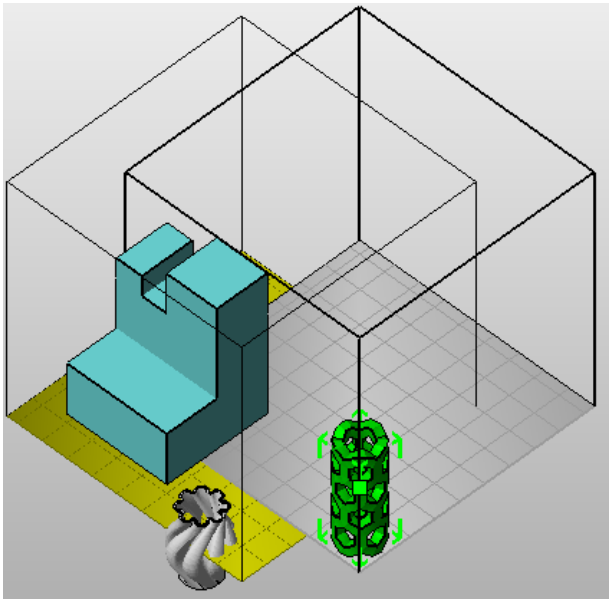


Abbildung 4.11: *Wenn Sie* ***P*** *gedrückt halten, wird ein zweiter Bauraum eingeblendet mit den Ursprungskoordinaten der ausgewählten Bauteile.*

Bauteilnamen anzeigen

Wenn Sie viele Teile hochgeladen haben, bekommen Sie einen besseren Überblick, indem Sie die Bauteilnamen auf dem Bildschirm anzeigen lassen. Aktivieren Sie im Ansichtsmenü die Option "Bauteilnamen anzeigen" oder mit der Tastenkombination Strg + L.

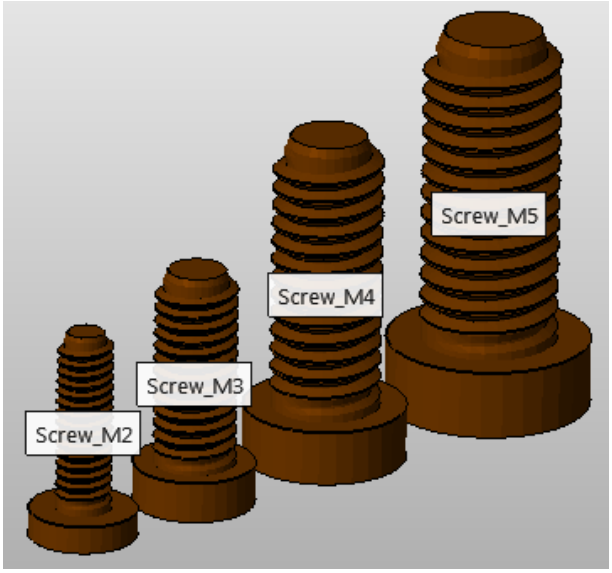


Abbildung 4.12: *Aktivieren Sie die Anzeige der Teilenamen mit Strg + L.*

Dreiecksnetz anzeigen

Mit dieser Option im Kontextmenü, nachdem Sie auf ein Bauteil rechtsklicken, wird die Anzeige des Dreiecknetzes aller ausgewählten Bauteile ein- bzw. ausgeschaltet (Abbildung 4.13).

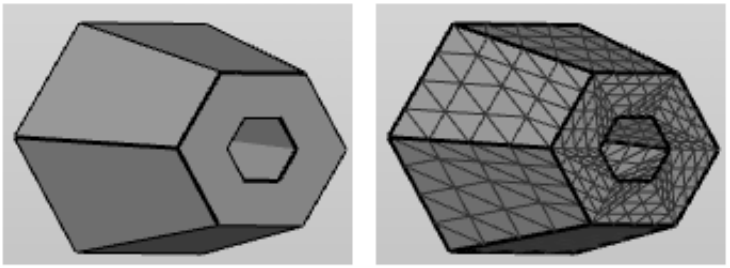


Abbildung 4.13: *Ein Bauteil ohne und mit visualisiertem Dreiecksnetz.*

4.4 Mesh Betrachter

Enthält ein Bauteil (im .x3d, .3ds, .zpr und .ply Fornat) Textur- oder Farbinformationen, können diese mit dem Mesh Betrachter angezeigt werden. (figure 4.14) Das Modul finden Sie in der Werkzeugleiste unter "Extras". Im neuen An-

zeigefenster können Sie das Dreiecksnetz oder das Bauteil als transparent anziegen lassen. Mit Klicks auf Textur oder Farbe wird - falls vorhanden - beides sichtbar.

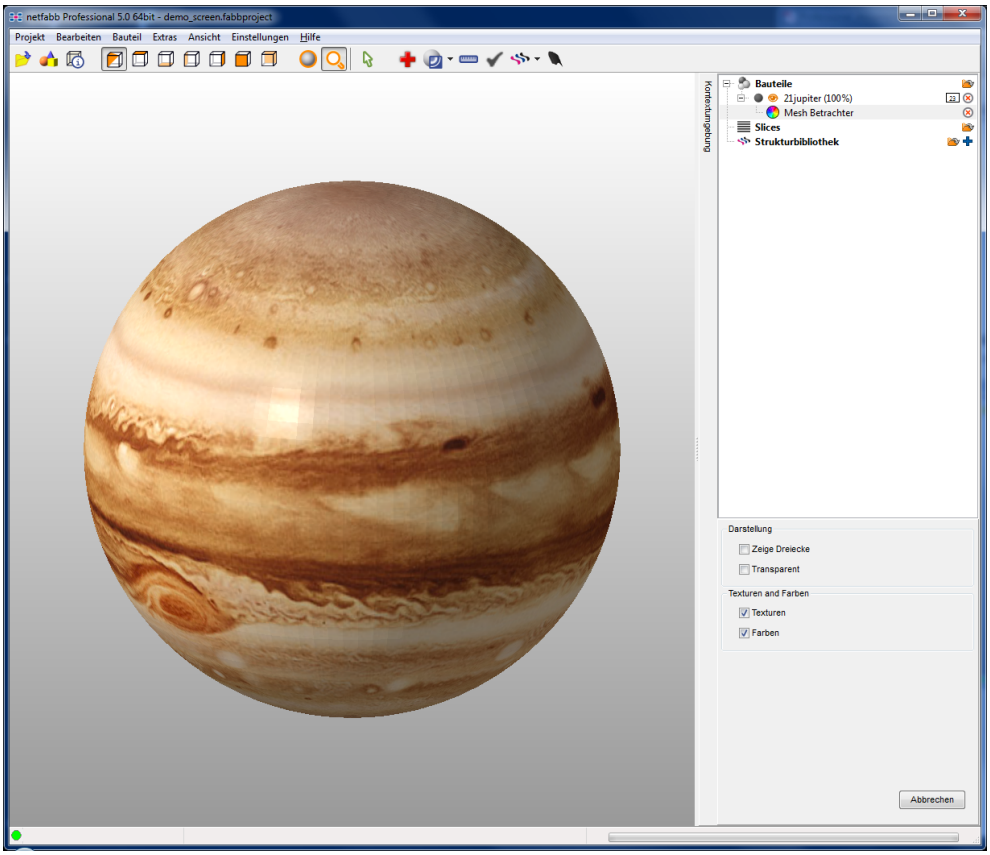


Abbildung 4.14: *Im Mesh Betrachter werden Texturen und Farben angezeigt.*

Es ist auch möglich, dem gesamten Bauteil eine Farbe zuzuweisen: Klicken Sie auf "ändere Farbe", um eine Farbe aus der Palette zu wählen. Dies ändert *nicht* die Darstellung des Modells im netfabb-Grundbild, jedoch wird diese Farbinformation abgespeichert und ist auf entsprechenden Maschinen druckbar. Mit **Entferne Farbe und Textur** löschen Sie die zusätzlichen Informationen aus dem Bauteil (figure 4.15).

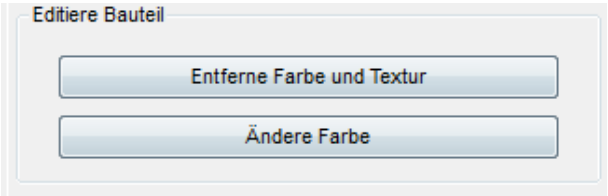


Abbildung 4.15: *Wählen Sie Ihre eigene Farbe für das Bauteil oder löschen Sie die Farbe / Textur Informationen.*

Kapitel 5

Bauteilmanagement

In netfabb Professional haben Sie die Möglichkeit, jederzeit einfache Bauteile (Primitive) ins Projekt einzufügen, Bauteile zu duplizieren, zu sortieren, beliebig zu verschieben, zu drehen und zu skalieren, nach Kollisionen zu suchen und eine tabellarische Übersicht aller Teile zu erzeugen und zu speichern. Um Bauteile zu bearbeiten, müssen diese zunächst ausgewählt werden.

5.1 Bauteile hinzufügen und entfernen

Abgespeicherte Objekte können entweder mit der Funktion **Bauteile hinzufügen** (Kapitel 3.2.2) oder mit dem **Dateivorschaubrowser** (Kapitel 3.2.3) ins Projekt eingefügt werden. Sie können die Dateien auch einfach per *drag & drop* von Ihrem Windows-Ordner ins netfabb-Fenster ziehen.

Ausgewählte Bauteile können auch **entfernt** und aus dem Projekt gelöscht werden. Diese Funktion finden Sie im Bauteil-Menü, im Kontextmenü, wenn Sie auf das betreffende Bauteil rechtsklicken, indem Sie auf das rote X neben dem Bauteilnamen im Projektbaum doppelklicken oder indem Sie einfach die Entfernen-Taste auf Ihrer Tastatur drücken, wenn das Bauteil ausgewählt ist. Es folgt eine kurze Sicherheitsabfrage, ob Sie das Objekt wirklich entfernen wollen.

5.2 Bauteile auswählen

Die meisten Ansichts- und Bearbeitungsfunktionen von netfabb erfordern, dass die betroffenen Bauteile zunächst ausgewählt werden.

Bauteile können ganz einfach ausgewählt werden, indem man **auf sie klickt**, entweder im Anzeigebildschirm oder im Projektbaum. Ausgewählte Bauteile sind immer grün und werden von grünen eckigen Klammern umrahmt (mit Standard-Farbeinstellungen). Im Projektbaum werden sie blau unterlegt. Im Tabsheet finden Sie unterhalb der Schnittfunktionen **Informationen** zu den ausgewählten Bauteilen. Dies sind die Länge, Breite und Höhe sowie das Volumen, die Fläche der Außenhaut und die Anzahl der Dreiecke. Dazu wird angegeben, wie viele Bauteile ausgewählt sind und wie viele Teile insgesamt im Projekt enthalten sind (Abbildung 5.1).

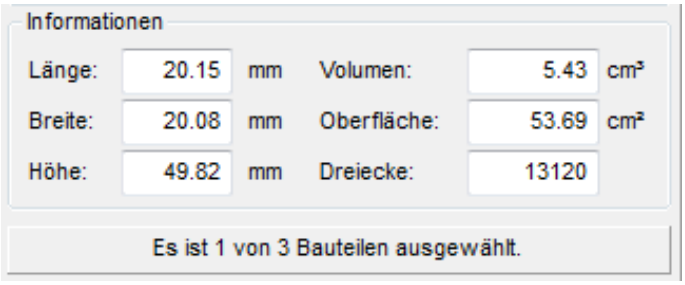


Abbildung 5.1: *Im Tabsheet werden Informationen zu den ausgewählten Dreiecken angegeben.*

Wenn Sie **Shift** gedrückt halten und Bauteile anklicken, werden diese zur Auswahl hinzugefügt. Wenn Sie **Strg** gedrückt halten und Bauteile anklicken, können diese sowohl hinzugefügt, als auch von der Auswahl entfernt werden.

Wenn Sie die linke Maustaste gedrückt halten und mit der Maus ein **Auswahlrechteck** ziehen, können Sie alle Bauteile innerhalb dieses Rahmens gleichzeitig auswählen (Abbildung 5.2).

Wenn Sie Bauteile im **Projektbaum** anklicken, funktioniert die Auswahl mithilfe der Shift-Taste etwas anders. Wenn Sie ein Bauteil ausgewählt haben und ein weiteres anklicken während Sie Shift gedrückt halten, werden alle Bauteile ausgewählt, die zwischen dem zunächst ausgewählten und dem jetzt angeklickten Teil aufgelistet sind.

Sie finden weitere Auswahloptionen, wenn Sie im Anzeigebildschirm in den leeren

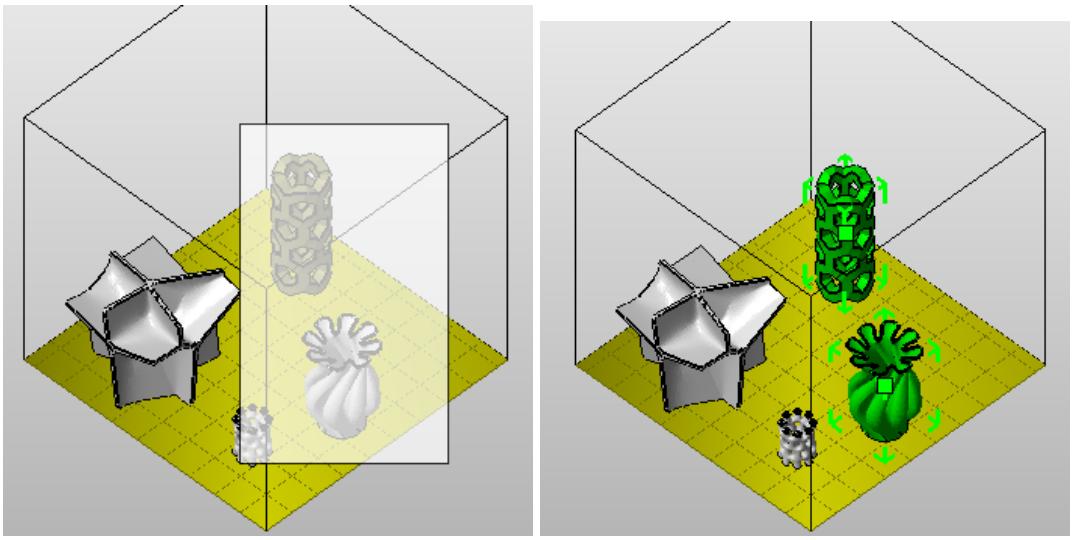


Abbildung 5.2: *Wählen Sie eine Vielzahl von Bauteilen gleichzeitig aus, indem Sie ein Auswahlrechteck ziehen.*

Raum rechtsklicken oder das Bearbeiten-Menü öffnen. Sie können **alle Bauteile auswählen**, **kein Bauteil auswählen** um die Auswahl zurückzusetzen oder die **Auswahl invertieren**, um alle nicht ausgewählten Bauteile auszuwählen und gleichzeitig alle ausgewählten von der Auswahl zu entfernen (Abbildung 5.3). Um alle Bauteile auszuwählen, können Sie auch einfach Strg+A drücken.
Wenn zwei oder mehr Bauteile ausgewählt sind, beziehen sich die Informationen im Tabsheet auf alle ausgewählten Objekte. Die meisten, wenn auch nicht alle, Bearbeitungsfunktionen betreffen alle ausgewählten Bauteile.

5.2.1 Erweiterte Bauteilauswahl

Mit der **Erweiterten Bauteilauswahl** können Bauteile mit bestimmten definierbaren Eigenschaften ausgewählt werden. Sie finden sie im Bauteil-Menü oder im Kontextmenü nach Rechtsklick auf freien Raum im Anzeigebildschirm.
In einer Dialogbox können dann die Bedingungen für die Bauteilauswahl definiert werden. Das Fenster hat vier Register, je nach dem ob Sie Bauteile nach Outboxgröße, Volumen, Qualität oder Anzahl der Dreiecke auswählen wollen (Abbildung 5.4). Im Feld **Vorschau auf Auswahl** in der unteren Hälfte des Fensters sehen Sie eine Liste der Bauteile, die mit den momentanen Bedingungen ausgewählt werden wür-

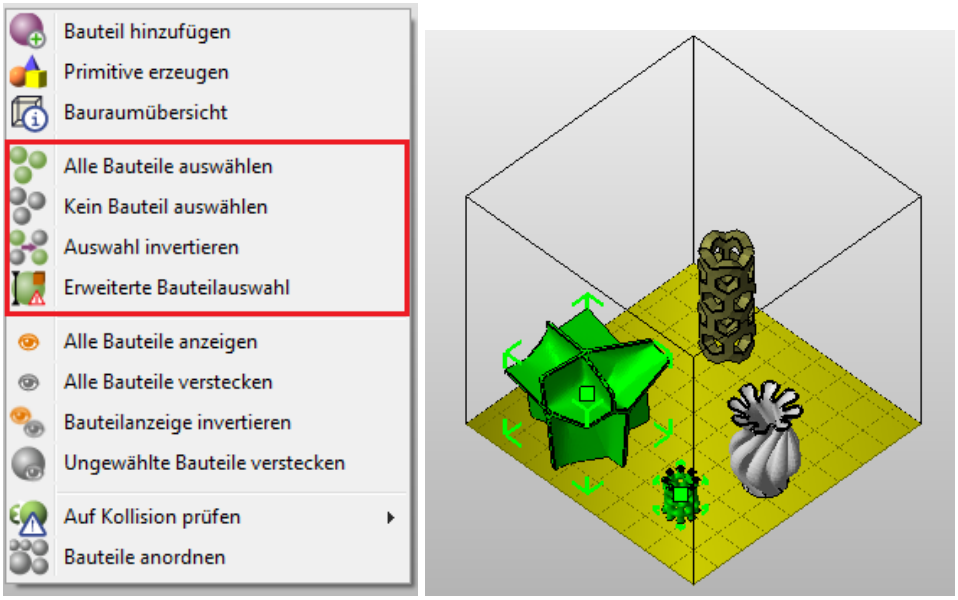


Abbildung 5.3: *Links: Wenn Sie in den leeren Raum des Anzeigebildschirms rechtsklicken, haben Sie zusätzliche Auswahloptionen im Kontextmenü. Rechts: Die invertierte Auswahl von Abb. 5.2.*

de. Wenn Sie die Option **zu bestehender Auswahl hinzufügen** aktivieren, bleiben bisher ausgewählte Bauteile ausgewählt. Ansonsten wird die Auswahl ersetzt.

Bauteile nach Outbox auswählen

Um Bauteile nach Outboxgröße auszuwählen, geben Sie rechts Grenzwerte für die drei Achsen ein. In einem Dropdownmenü links können Sie dann auswählen ob Sie Bauteile mit größerer oder kleinere Outbox auswählen wollen. Wählen Sie unterhalb, ob nur die Bedingungen nur **in mindestens einer Richtung** oder in allen Richtungen zutreffen sollen. Mit der Option **Orientierung egal** werden die Grenzwerte nicht mehr bestimmten Achsen zugewiesen, das heißt es ist egal wie das Bauteil im Raum liegt.

Bauteile nach Volumen auswählen

Öffnen Sie das Dropdownmenü und wählen Sie ob sie alle Teile mit einem größeren oder kleineren Volumen als ein bestimmter Wert auswählen wollen. Geben Sie rechts

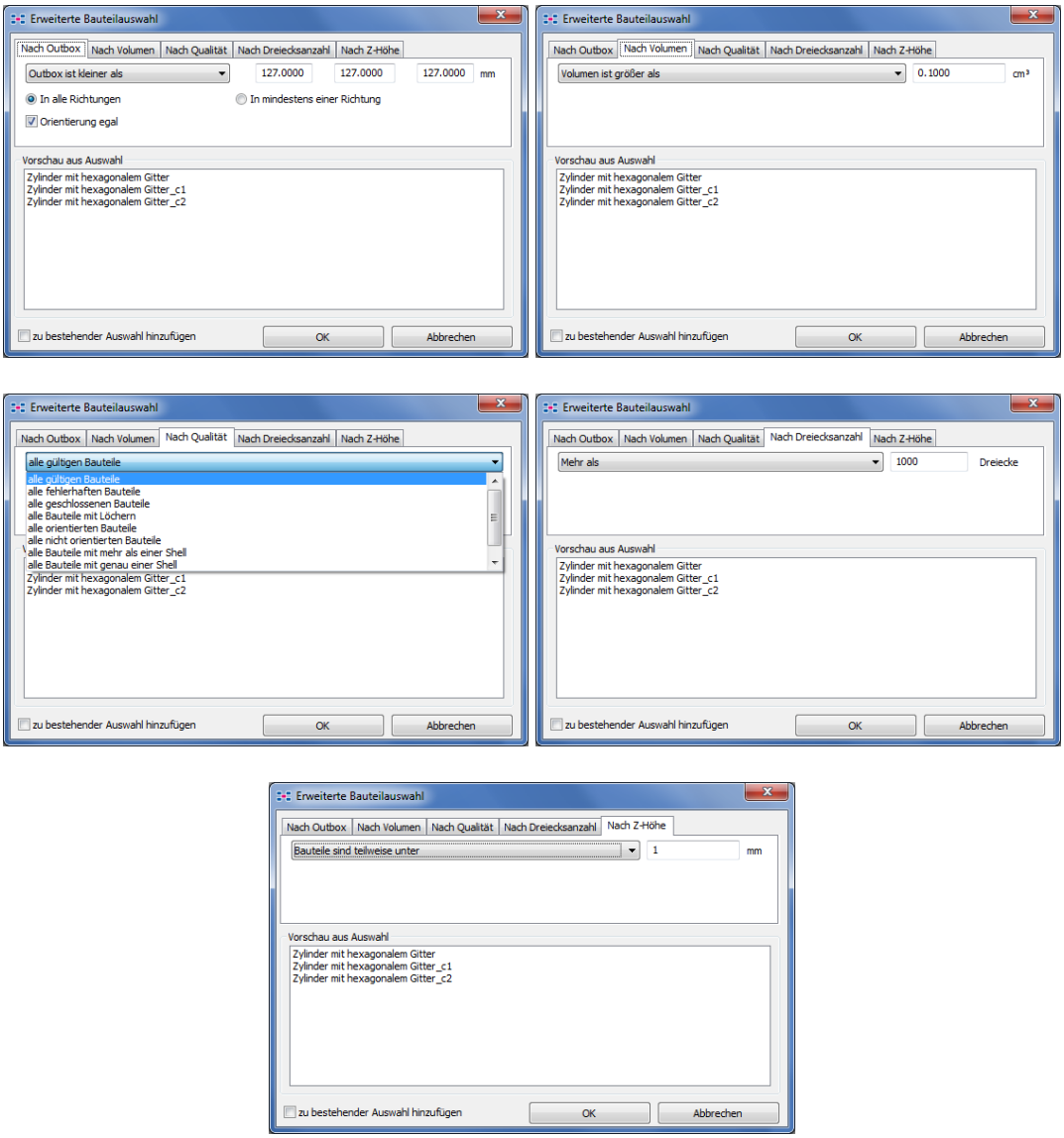


Abbildung 5.4: *Wählen Sie Ihre Bauteile nach Outboxgröße (oben links), Volumen (oben rechts), Qualität (mitte links), Anzahl der Dreiecke (mitte rechts) oder Z-Höhe (unten) aus.*

den gewünschten Wert ein. Bitte beachten Sie, dass nicht geschlossene Bauteile kein Volumen haben und hier nicht ausgewählt werden können.

Bauteile nach Qualität auswählen

Beim Auswählen nach Bauteilqualität können Sie im Dropdownmenü das Kriterium für die Auswahl aussuchen. **Gültige Bauteile** sind geschlossene und richtig orientierte Bauteile. **Fehlerhafte Bauteile** sind alle nicht gültigen Bauteile. **Geschlossene Bauteile** haben keine offenen Kanten oder Löcher. **Bauteile mit Löchern** haben hingegen offene Kanten. **Orientiert** (im Gegensatz zu **nicht orientiert**) sind alle Bauteile, bei denen alle Dreiecke richtig und zueinanderpassend orientiert sind. Weitere Optionen sind **Bauteile mit mehreren Shells**, **mit einer Shell** sowie **ohne Dreiecke**

Bauteile nach Anzahl der Dreiecke auswählen

Wählen Sie im Dropdownmenü ob Sie Bauteile mit mehr oder mit weniger Dreiecken als eine bestimme Anzahl auswählen wollen und geben Sie im Textfeld diese Zahl ein.

5.3 Bauteilbibliothek

Nachdem Sie auf "Bauteil erzeugen" in der Werkzeugleiste geklickt haben oder im Bearbeiten-Menü die entsprechende Option wählen, können Sie aus einer Liste von einfachen dreidimensionalen Objekten (Primitiven) mit Doppelklick ein Teil auswählen, das dann in das Projekt eingefügt wird (figure 5.5). Obwohl die grundlegende Geometrie schon gegeben ist, gibt es viele Parameter, die im einzelnen durch den Benutzer spezifiziert werden können.
Auf diese Weise können Sie eine Vielzahl von neuen Bauteilen erstellen. Die Einstellungen können als **Standardeinstellungen** für die Primitive, durch klicken auf den untenstehenden Button gespeichert werden. Der Button **Standards laden** stellt die Standardeinstellungen wieder her, nachdem die Parameter geändert wurden. Durch eine Klick auf **Bauteil erstellen**, wird das Bauteil in das Projekt eingefügt. In der folgenden Liste finden Sie eine kurze Beschreibung der einzelnen Parameter:

Primitiv-Parameter

Bezeichnung	Funktion
Anzahl der Löcher (in X-/Y-Richtung)	Anzahl der Löcher in jeder Richtung

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Bezeichnung	**Funktion**
Anzahl der Zähne	Anzahl der Zähne im Zahnrad
Bezeichnung	Tragen Sie hier den Text ein, der im Text- oder auf dem Pfeifen- und Formprimitiv erscheinen soll.
Breite	Maße des Bauteils in Y
Datei	Klicken Sie hier, um eine Datei als Vorlage auszuwählen.
Design	Wählen Sie eine runde, ovale oder rechteckige Form.
Detaillierungsgrad	Auflösung des Bauteils in Bitmaps und Hightmaps
Dreiecke	Anzahl der Dreiecke
Dreiecke glätten	Die Kanten des Modells sind weniger scharf.
Dreieckskantenlänge	max. Länge der Kanten von Dreiecken - je niedriger der Wert, desto mehr Dreiecke werden gebildet
Drehungen	bestimmt, wie viele Drehungen eine Helix aufweisen soll
Farbe	Bestimmt die Farbdarstellung in netfabb (nur Anzeige in der Software, nicht in der Realität)
Farben umkehren	Betreffend Bitmaps und Heightmaps: Standardmäßig werden alle dunklen Farben gefüllt/angehoben. Mit **Farben invertieren**, werden die Farben umgekehrt, also nur alle hellen Farben gefüllt/angehoben.
Gewindelänge	Länge in der z-Achse, bis eine Drehung der Helix abgeschlossen ist / Länge des Gewindes ohne Schraubenkopf
Graustufe	Bestimmt wie viele Farben in Bitmaps und Heightmaps erkannt werden (bis zu 250 möglich)

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Bezeichnung	**Funktion**
Gute Dreiecke	Gute Dreiecke haben keine spitzen Winkel (keine Winkel unter 90°)
Höhe	Maße des Bauteils in Z
Höhenunterteilung	Teilt die Dreiecke an der z-Achse durch eine bestimmte Zahl.
Kanten	Anzahl der Kanten auf der Oberfläche
Länge	Bauteilmaße in X
Metrisches Gewinde	Durchmesser des Gewindes der Schraube (verwendet standardisierte Parameter)
Name	Dieser Name wird im Projektbaum angezeigt.
Nominaler Durchmesser	Durchmesser des Gewindes der Schraube (verwendet standardisierte Parameter)
Oberfläche	Geben Sie die gewünschte Größe der Oberfläche ein, werden die anderen Maße angepasst.
Profil Rotationswinkel	Definiert, wie die Oberfläche ausgerichtet ist.
Radius	Bestimmt den Radius / die Größe der Bauteile.
Richtung	Modelle sind nach oben oder nach unten gewandt.
Rotationswinkel	Winkel der Biegung (im Rotations Hyperboloid)
Schlüsselweite	Abstand zwischen zwei gegenüberliegenden Kanten der äußeren Kontur der Mutter.
Schriftart	Bestimmt Schriftart, Größe und Effekte.
Schraubenkopf	Verfügbar sind Innensechskant, Sechskantkopf und Schlitz.
Seitenverhältnisse beibehalten	Mit **nein** können die Maße der x-Achse und y-Achse unabhängig voneinader geändert werden.
Spiel zur Schraube	Definiert einen Spielraum zwischen den Gewinden der Schraube und der Mutter.
Steigung	Bestimmt den Winkel einer Windung in der Helix.

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Bezeichnung	Funktion
Strebendicke	Breite jeder Strebe zwischen zwei Löchern (im Zylinder mit hexagonalem Gitter)
Tiefe	Maße des Bauteils in Z
Toleranz	Ein hoher Wert macht die Rundheit der Teile weniger genau und führt zu einer geringeren Anzahl an Dreiecken. Ein niedriger Wert sorgt dagegen für stärkere Rundung.
Volumen	Geben Sie das gewünschte Volumen ein und es werden alle anderen Maße angepasst.
Wandstärke	Abstand zwischen Innen- und Außenhülle
Windungen	Anzahl der Umdrehungen der Spirale

5.4 Bauteile duplizieren

Diese Funktion finden Sie im Bauteil-Menü oder im Kontextmenü, nachdem Sie auf ein Bauteil rechtsklicken. Sie schaffen damit eine beliebige Anzahl exakter Kopien der ausgewählten Bauteile. In einer Dialogbox können Sie einstellen, wie viele Kopien Sie insgesamt haben wollen. Wenn Sie also genau ein Duplikat erstellen wollen, müssen Sie die Gesamtzahl 2 eingeben.

Unter dem Feld für die Gesamtzahl der Kopien finden Sie das Kästchen **Bauteile anordnen**. Wenn hier kein Häkchen gesetzt ist werden die Kopien an die gleichen Koordinaten gesetzt wie das Original. Wenn Sie das Häkchen setzen, bekommen Sie zusätzlich Optionen zum Platzieren der Duplikate, mit denen Sie die Anzahl der Kopien, die in die verschiedenen Raumrichtungen aufgereiht werden, und ihren Abstand einstellen können (Abbildung 5.6).

Zunächst können Sie in den Textfeldern die **Anzahl der Kopien entlang jeder Achse** einstellen. Da dies auch das Original enthält, ist diese Zahl mindestens eins (auch wenn Sie versuchen, manuell null einzugeben). Die Anzahl der Kopien entlang der Achsen wird automatisch angepasst, wenn Sie oben die Gesamtzahl der Kopien ändern.

Wenn Sie Option **Gesamtzahl automatisch anpassen** aktiviert ist und Sie die Anzahl von Kopien entlang einer Achse ändern, ändert sich automatisch die Gesamtan-

Abbildung 5.5: *Wählen Sie ein Primitiv.*

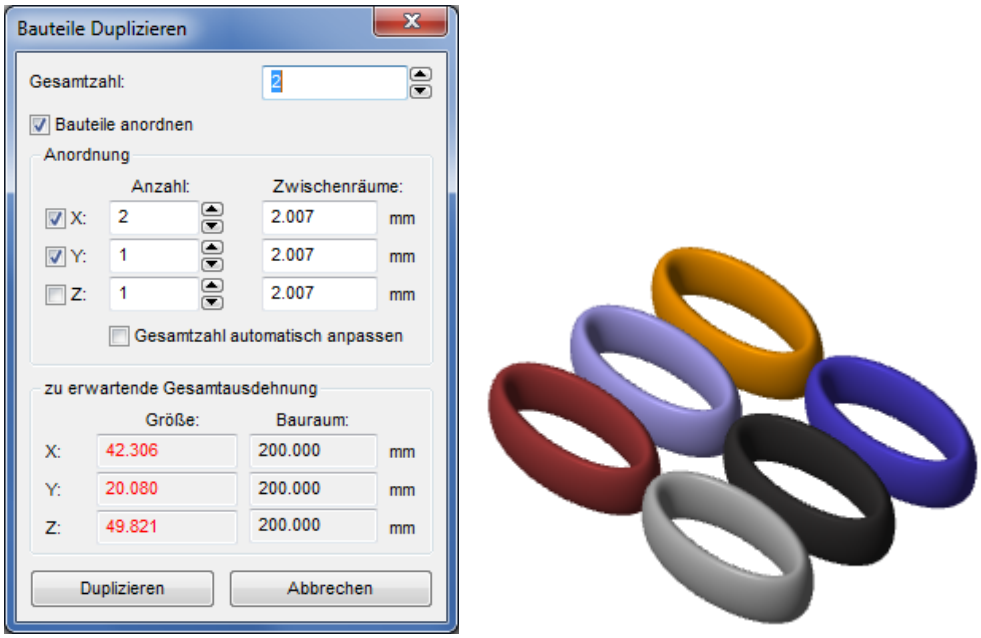


Abbildung 5.6: *Links: Die Dialogbox zum Duplizieren. Rechts: Kopien eines Torus.*

zahl oben. Wenn sie nicht aktiviert ist, ändert sich die Anzahl entlang der anderen Achsen so, dass die Gesamtzahl gleich bleibt. Wenn bei einer Achse das Kästchen

links deaktiviert ist, bleibt die Anzahl von Kopien entlang dieser Achse jedoch gleich. Rechts können Sie zudem die **Zwischenräume** zwischen den Kopien ändern. Der eingegebene Abstand bezieht sich dabei immer auf die quaderförmige Outbox, die das Bauteil umschließt. Wenn Sie null eingeben, ist der niedrigste Koordinatenwert der Kopie entlang der betroffenen Achse gleich dem höchsten Koordinatenwert des Originals. Mit höheren Werten wird der Abstand größer, mit negativen Werten können Sie die Outbox der Kopien überlappen lassen. Der Standardwert ist 2mm.
Die zu erwartende Gesamtausdehnung der Kopien wird im unteren Drittel mit Längenwerten für die drei Achsen angegeben.
Wenn mehr als ein Bauteil ausgewählt wurde, wird immer das Gesamtarrangement von Teilen so kopiert, als wäre es ein Teil.

5.5 Positionieren und Skalieren

Bauteile können jederzeit verschoben, gedreht oder skaliert werden, entweder intuitiv mit der Maus oder durch Eingabe von Koordinaten, Winkeln oder Skalierungsfaktoren.

5.5.1 Bauteile verschieben

Ausgewählte Bauteile können mit der Maus per ***drag & drop*** verschoben werden, wenn Sie das kleine grüne Kästchen in der Mitte des Bauteils anklicken und die Maus mit gedrückt gehaltener linker Maustaste verschieben.
Zum genaueren Platzieren können die Teile auch mit der Tastatur verschoben werden. Mit den **Pfeiltasten** verschieben Sie ausgewählte Objekte nach links, rechts, oben und unten, mit den Bild nach oben und Bild nach unten-Tasten verschieben Sie sie nach vorn und nach hinten, jeweils aus der gegenwärtigen Perspektive gesehen. Wenn Sie dabei Shift gedrückt halten, verschieben Sie die Bauteile mit den Pfeiltasten nach links und rechts entlang der X-Achse, mit den Pfeiltasten nach oben und unten entlang der Y-Achse und mit den Bild nach oben und Bild nach unten-Tasten entlang der Z-Achse.
Alternativ ist der Benutzer in der Lage durch Klicken auf das Symbol in der Werkzeugleiste **Bauteile verschieben**, im Bauteilmenü auf **Verschieben** oder im Kontextmenü oder durch Drücken der **Strg + V** Tasten, bestimmte Koordinaten in einem

Dialogfenster einzustellen, um die ausgewählten Teile anschließend zu bewegen.

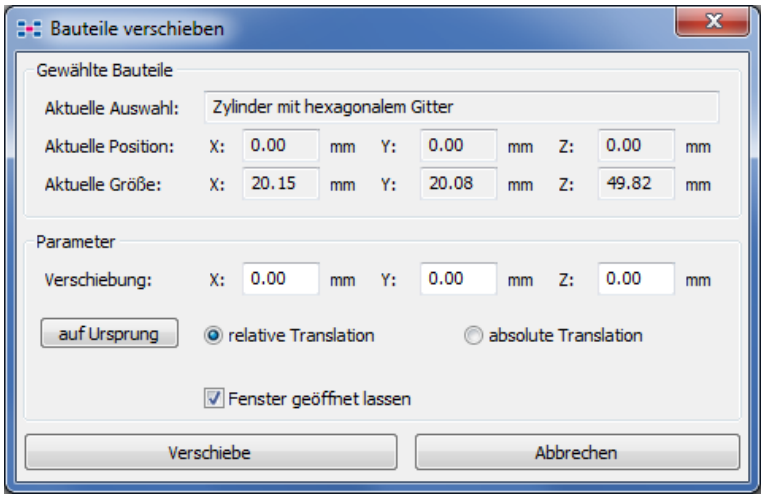


Abbildung 5.7: *Das Dialogfenster zum Verschieben von Bauteilen.*

Ganz oben im Dialog werden aktuelle Auswahl, Position und Größe des Bauteils angegeben. Darunter werden die Koordinaten entweder als absolute Translation oder als relative Translation eingefügt. Die absolute Translation ist die Position in Bezug auf die Koordinaten X=0, Y=0, Z=0, wohingegen die relative Translation sich auf die aktuelle Position bezieht. Wenn das Bauteil auf die Ursprungsposition verschoben wird, werden die Koordinaten auf X=0, Y=0, Z=0 positioniert. Somit ist es nicht das Zentrum des Bauteils das auf den Ursprung verschoben wird. Ist das Häkchen bei "Fenster geöffnet lassen" gesetzt, bleibt das Dialogfenster offen und Sie können die Einstellungen immer wieder verändern und das Bauteil sofort bewegen (figure 5.7). Wenn mehrere Bauteile ausgewählt sind, werden sie alle gleichzeitig verschoben, wobei das Gesamtarrangement von Teilen so behandelt wird, als wäre es ein Teil.

5.5.2 Bauteile drehen

Ausgewählte Bauteile können mit der **Maus** auch gedreht werden. Klicken Sie dafür auf die eckigen Klammern, die die ausgewählten Bauteile umrahmen und bewegen Sie die Maus mit gedrückt gehaltener Maustaste in die Richtung, in die Sie die Teile drehen wollen. Die Rotationsachse ist dabei Ihre Raumrichtung aus der Sie auf das Projekt sehen. Wenn Sie Strg gedrückt halten, wird die nächste Hauptachse (X-, Y- oder Z-Achse) zur Rotationsachse (Abbildung 5.9).

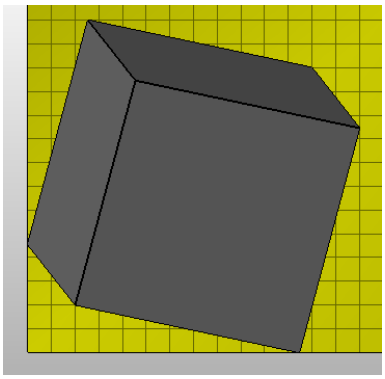


Abbildung 5.8: *Ein Würfel mit den Koordinaten X=0, Y=0, Z=0.*

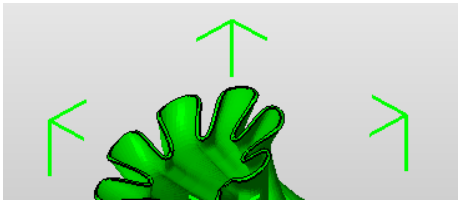


Abbildung 5.9: *Klicken Sie auf die eckigen Klammern und bewegen Sie die Maus, um das Bauteil zu drehen.*

Alternativ können die Teile mit einem **bestimmten Winkel** um eine der drei Achsen gedreht werden (figure 5.10). Im Dialog "Bauteile drehen", sehen Sie die aktuelle Auswahl, Position und Größe, sowie das Rotationszentrum. Jetzt können Sie entweder einen Standard-Winkel auswählen (45°, 90°, 180° or 270°) oder in das leere Feld einen beliebigen Winkel einfügen. Ganz unten können sie die X-, Y- oder Z-Achse definieren oder Sie wählen die "Freie Achse" und geben eine Zahl ein.
Ist das Häkchen bei "Fenster geöffnet lassen" gesetzt, bleibt das Dialogfenster offen und Sie können die Einstellungen immer wieder verändern und somit das Bauteil sofort drehen.

5.5.3 Bauteile ausrichten

Wenn Sie in der Symbolleiste auf das Symbol "Zur Bodenplatte ausrichten" klicken oder einfach F7 drücken, wird ein neuer Modus aktiviert. Sie können mit Doppelklicks auf Flächen von Bauteilen die Bauteile so drehen, dass diese

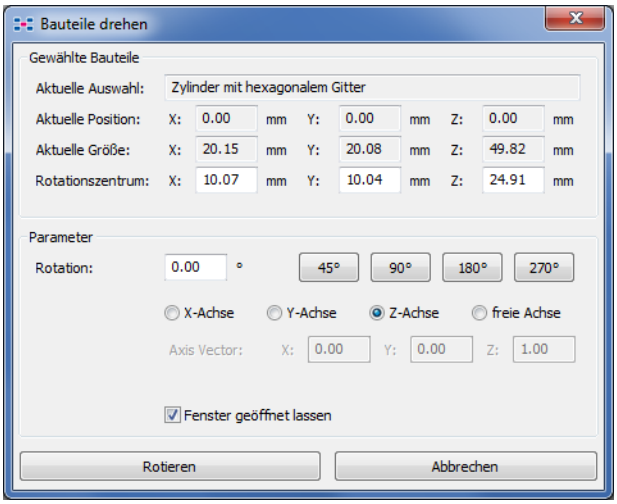


Abbildung 5.10: *Das Dialogfenster zum Drehen von Bauteilen.*

Flächen parallel zur Bodenplatte in der X-Y-Ebene liegen. Alternativ kann über das Dropdown-Menü auch entlang der beiden anderen Ebenen ausgerichtet werden. Sie gelangen in den normalen Modus zurück, indem Sie F3 drücken oder in der Symbolleiste auf das Symbol mit dem Mauszeiger klicken.

5.5.4 Bauteile skalieren

Wenn Sie auf das "Bauteile skalieren"-Symbol klicken, im Kontextmenü oder im Bauteil-Menü "Skalieren" wählen oder einfach Strg+S drücken, können Sie die Größe von ausgewählten Bauteilen ändern. Es öffnet sich eine Dialogbox, in der Sie für alle drei Achsen einen Skalierungsfaktor eingeben können. Die Maße der ausgewählten Bauteile werden dann mit diesem Faktor multipliziert (Abbildung 5.11).

Mit dem Faktor 1.00 bleiben die Maße also gleich. Mit einem größerem Faktor wird das Bauteil vergrößert und mit einem Faktor, der geringer ist als 1.00, wird das Bauteil verkleinert. Wenn Sie einen negativen Faktor eingeben, wird das Bauteil invertiert. Es ist auch möglich, prozentual zu skalieren oder die gewünschte Größe einzugeben.

Wenn die Option "gleichmäßig" aktiviert ist, können Sie nur im ersten Feld einen Wert angeben, der dann für alle übernommen wird. Dadurch wird das gesamte Bauteil einfach größer oder kleiner. Wenn Sie die Option deaktivieren und verschiedene Werte eingeben, verändern sich die Proportionen und Form des Bauteils. Das Objekt

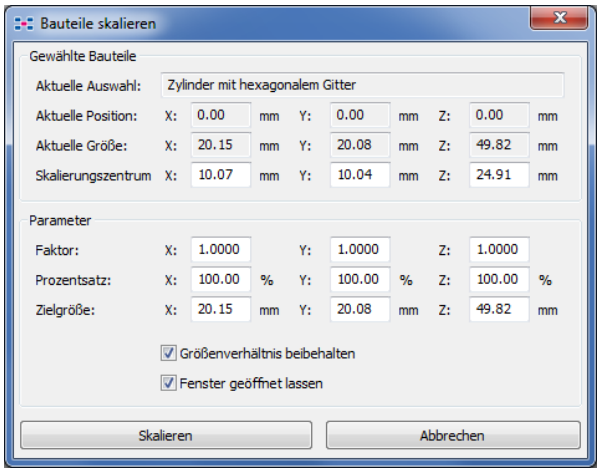


Abbildung 5.11: *Die Dialogbox zum Skalieren von Bauteilen*

wird verzerrt (Abbildung 5.12).

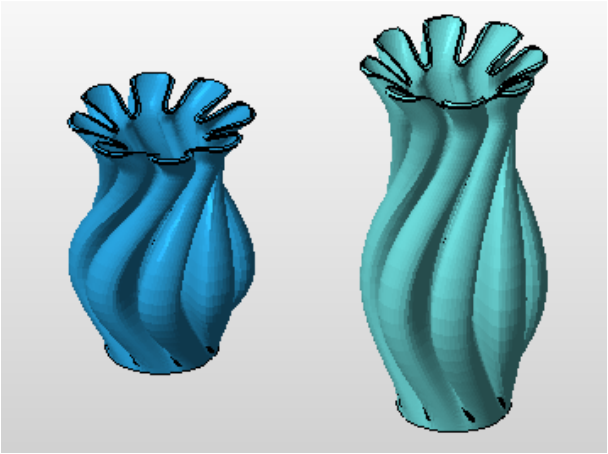


Abbildung 5.12: *Das Bauteil links wird ungleichmäßig nur entlang einer Achse skaliert und wird verformt.*

Wenn mehrere Bauteile ausgewählt sind, werden sie miteinander skaliert als wäre es ein Teil.

5.5.5 Bauteile anordnen

Mit der Funktion "Bauteile anordnen" werden alle Bauteile im Projekt in den Bauraum verschoben und dort sortiert, so dass keine zwei Teile kollidieren. Als Referenz für das Sortieren dient dabei die Outbox, die bei ausgewählten Bauteilen durch die eckigen Klammern visualisiert wird (Abbildung 5.13). Die Funktion befindet sich im "Bearbeiten"-Menü und im Kontextmenü, wenn Sie im Anzeigebildschirm in den leeren Raum klicken.

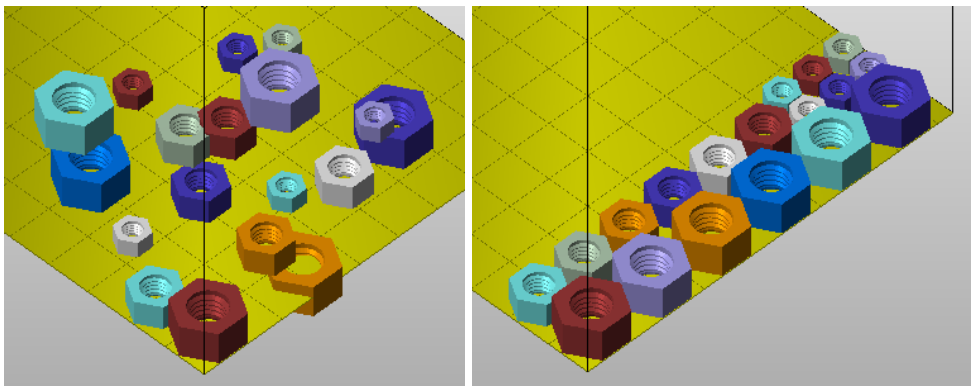


Abbildung 5.13: *Links: Ein Projekt mit zufällig verstreuten Bauteilen. Rechts: Die Bauteile werden automatisch im Bauraum angeordnet.*

In einer Dialogbox können Sie die Berechnungsgenauigkeit und den minimalen Abstand der Bauteile eingeben (Abbildung 5.14). Die Genauigkeit bestimmt die Größe der Rasterzellen für die Berechnung der Bauteilpositionen. Das Programm legt ein dreidimensionales Raster über den Bauraum. Keine zwei Bauteile werden dieselbe Zelle dieses Rasters berühren. Der minimale Bauteilabstand bestimmt die Mindestentfernung der Bauteile.
Mit der Option **nur 2D** werden Bauteile nur zweidimensional auf dem Boden des Bauraums angeordnet. Bauteile, die nicht auf die untere Ebene passen, werden aus dem Bauraum geschoben.

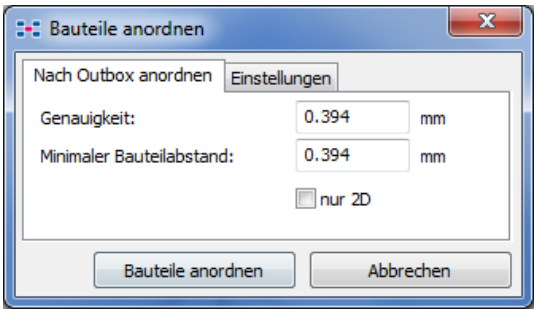


Abbildung 5.14: *Die Dialogbox für das Anordnen der Bauteile.*

5.6 Professional Tool: Automatic Packing

Mit den Automatic Packing Tools können Sie Ihre Bauteile dreidimensionell im Bauvolumen platzieren. Im Unterschied zur Funktion "Bauteile anordnen", platziert das Packing Tool nicht auf Basis der Outbox sondern der tatsächlichen Form des Bauteils. So kann vor allem dichter gepackt werden. Es gibt Parameter für Einstellungen, die die Packungsdichte, Geschwindigkeit und äußeren Beschränkungen betrachten können. Das Automatic Packing befindet sich im Bearbeiten-Menü (Automatische Platzierung) oder über den Shortkey in der Registerkarte im rechten unteren Eck.
Hier im Handbuch finden Sie zunächst die Beschreibung dessen, was die Versionen Small, Medium und Large gemeinsam haben - in der Beschreibung der Small Version. Zusätzliche Funktionen werden dann im Anschluss seperat erläutert.

5.6.1 Small

Das Automatic Packing Small umfasst einen Bauraum von 250x250x350mm. Bestimmen Sie zuerst den **Mindestabstand** zwischen den Bauteilen und dann die **Genauigkeit** (figure 5.15). Je kleiner der Abstand und je höher die Genauigkeit, desto präziser können Sie die Teile packen. Definieren Sie danach wie viele **Drehungen entlang der z-Achse** möglich sind: Je niedriger der Wert, desto höher der Wirkungsgrad. Mit einem hohen Wirkungsgrad wird sich allerdings auch die Berechenungszeit erhöhen.
Wenn Sie es zulassen, dass das Teil **umgedreht** werden darf, können die Teile entlang der X- und Y-Achse gedreht und somit noch präziser gepackt werden. Sie können

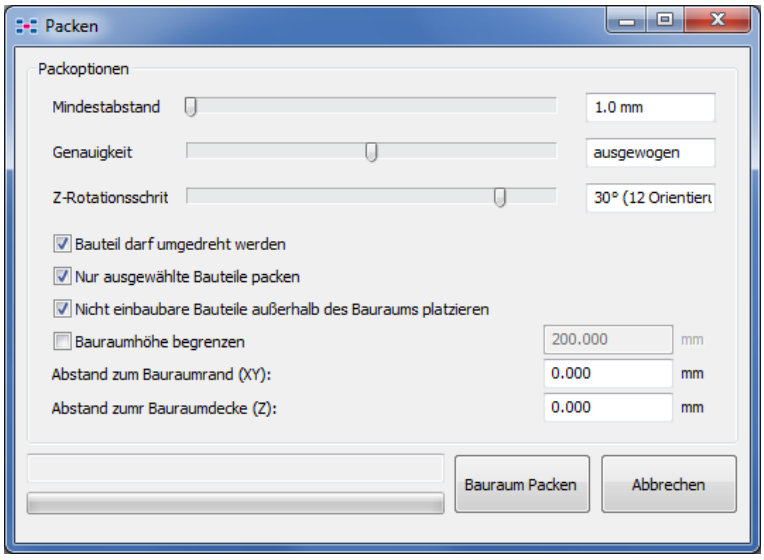


Abbildung 5.15: *Definieren Sie die Parameter im Packing-Dialog.*

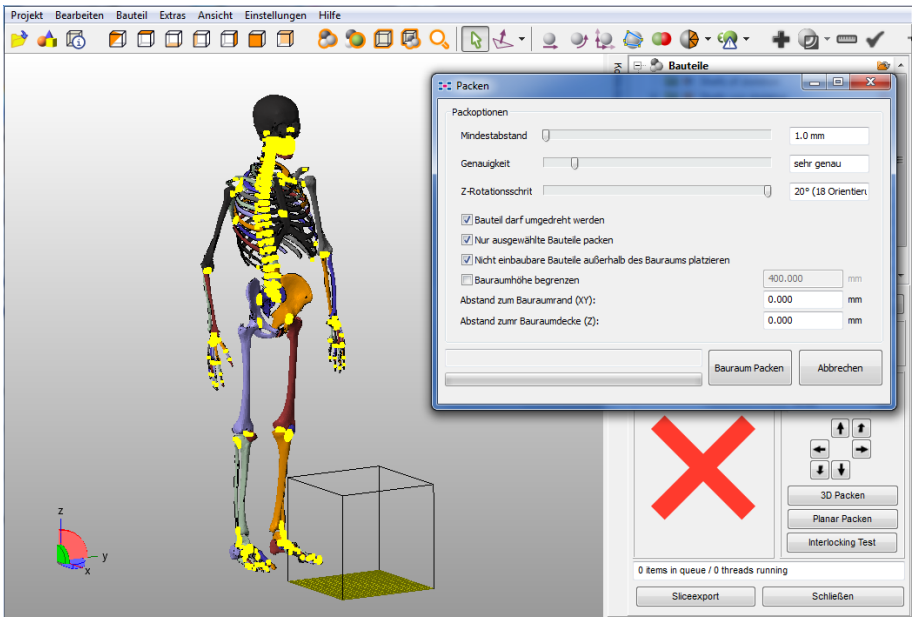


Abbildung 5.16: *Ein vollständiges Skelett soll gepackt werden.*

auch festlegen, dass **nur die ausgewählten Bauteile gepackt** und die **nicht passenden Teile außerhalb der Plattform platziert** werden.
Begrenzen Sie die **Plattformhöhe**, um die Dauer des Baujobs zu limitieren. Darüber hinaus können auch Abstände zum Bauraumrand und zur Bauraumdecke definiert

werden. Klicken Sie nun auf **Bauraum packen** um die Bauteile anzuordnen (figure 5.16).

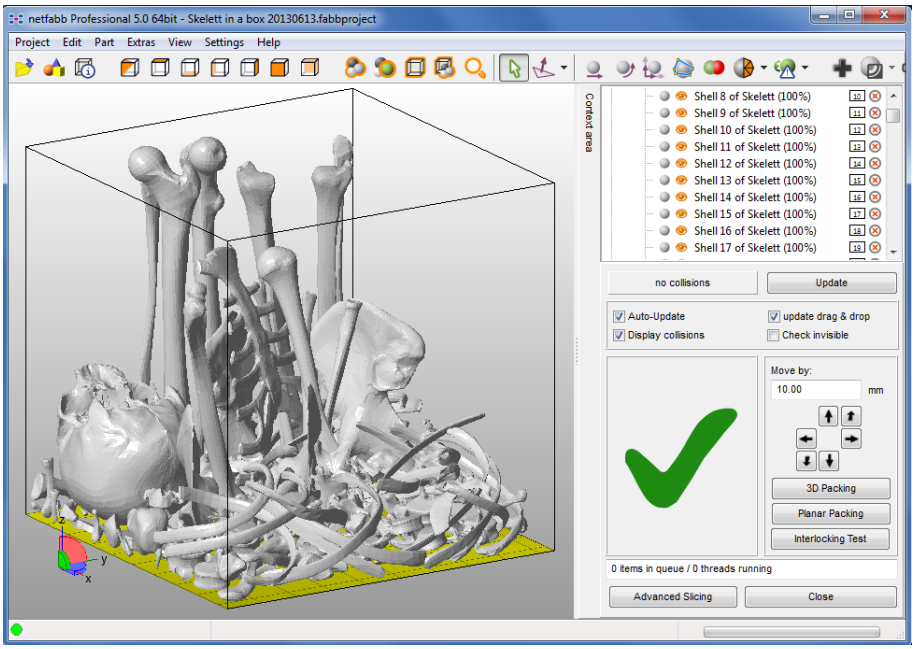


Abbildung 5.17: *Das Skelett wurde im Bauraum platziert.*

In der Registerkarte sehen Sie ein auffallendes rotes Kreuz oder ein grünes Häkchen. Dies zeigt an, ob sich Bauteile berühren oder nicht. Oben auf der linken Seite erscheint außerdem ein Hinweis, sobald eine Kollision erkannt wurde.
Um die Kollisionserkennung zu aktualisieren, klicken Sie auf den entsprechenden Button oben rechts. Dadurch wird eine neue Berechung aktiviert und eine neue Hervorhebung von Kollisionen wird sichtbar.
Wenn das Feld **Automatisch aktualieren** aktiviert ist, wird jedes Mal wenn Sie ein Bauteil bewegt haben, eine Kollisionserkennung durchgeführt. Wenn Sie auf das Feld **Live bei drag & drop** geklickt haben, wird ein Live-Update auch während der Positionierung des Teils durchgeführt. Das hilft Ihnen die Teile sehr genau zu positionieren, kann aber zu langen Berechnungszeiten führen, wenn komplexe Teile bearbeitet werden. Das Feld **Kollisionen anzeigen** muss angekreuzt sein, wenn Sie Kollisionen visualisieren wollen. Auch hier können Sie Bearbeitungszeit sparen, indem Sie den Haken aus dem Feld entfernen und nur nach bestimmten Arbeitsschritten wieder setzen. Sollten Bauteile im Bauraum versteckt sein, ist es empfehlenswert auch diese

sichtbar zu machen, indem Sie auf **Unsichtbare prüfen** klicken.
Auf der rechten Seite des roten Kreuzes oder des grünen Hakens stehen sechs Pfeile zur Verfügung, um das augewählte Teil um bestimmte Abstände nach links, recht, oben, unten, vorne und hinten zu **verschieben**. Verwenden Sie diese Pfeile, werden die Teile entlang der 3 Achsen bewegt.
Mit einem Klick auf **3D Packen** wird der Start Dialog wieder geöffnet und Sie können einen neuen Platzierungsprozess durchführen. **Planar Packen** ordnet die Modelle auf nur einer Ebene - also auf der Plattform - an. Der **Interlocking Test** prüft, ob zwei Teile, die keinen direkten Kontakt haben, sich nicht in irgendeiner Weise verhaken, sodass man Sie nicht mehr voneinander trennen kann. Verhakte Teile werden selektiert.

5.6.2 Medium and Large

Beim Automatic Packing Medium können Sie eine unbegrenzte Anzahl von Bauteilen in einem Bauraum von 400x400x650mm packen. In der Large Version sogar bis zu 1000x1000x1000mm. Informationen zur grundsätzlichen Bedienung des entnehmen Sie bitte dem oberen Kapitel Automatic Packing Small.
Für die direkte Slice-Erstellung für EOS Maschinen klicken Sie auf **Sliceexport**. Bauteil- und Plattformeinschränkungen werden geprüft. Ist das EOS SLI-Format gewählt, geben Sie den gewünschten Dateinamen und die Schichtgröße ein.
Falls Sie eine große Menge an sehr kleinen Teilen haben, ist es empfehlenswert, Modellpakete zu erstellen, damit sie nicht im Bauraum verloren gehen. Dazu wählen Sie alle Bauteile, die Sie seperat packen möchten und schieben sie nah zusammen. Klicken Sie dann **Bauteilverpackung erstellen** im Bauteil-Menü oder im Standardmodus in der rechten unteren Ecke.
Im Automatic Packing Large ist eine Daten-API zum Speichern und Öffnen der Räume in einem Netzwerk enthalten, außerdem ist ein ERP-System integriert. Handbücher und Unterstützung dabei sind individuell gegeben.

5.7 Bauteilmerkmale

Alle Bauteile haben bestimmte Merkmale, die sie voneinander unterscheiden und die es leichter machen, ein Projekt zu organisieren. Dies sind Name und Farbe des

Bauteils, die Zugehörigkeit zu Gruppen und die Bauteilnummer. Sie haben jedoch keinen direkten Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften der Bauteile, wenn diese produziert werden.

Bauteil umbenennen

Im Kontextmenü nach Rechtsklick auf ein Bauteil kann dieses umbenannt werden. Sie können den neuen Namen in einer kleinen Dialogbox eingeben.

Farbe ändern

Sie können die Farbe von Bauteilen ändern, wenn Sie im Kontextmenü nach Rechtsklick auf das Objekt die Option "Farbe ändern" wählen oder auf den farbigen Punkt links neben dem Bauteil im Projektbaum doppelklicken. Diese Punkt hat auch die derzeitige Farbe des Bauteils.
Es öffnet sich eine Dialogbox, in der Sie aus einer Sammlung von vordefinierten Farben wählen können oder eigene Farbtöne definieren können. Genaueres dazu finden Sie in Kapitel 10.1.

Gruppen

Wenn Sie im Projektbaum auf den Bereich Bauteile oder auf ein Objekt rechtsklicken, können Sie im Kontextmenü einfach eine **neue Gruppe erstellen** oder eine **neue Gruppe mit den ausgewählten Bauteilen** erstellen (Abbildung 5.18). Bauteile können dann per *drag & drop* zur Gruppe hinzugefügt oder aus der Gruppe entfernt werden (Abbildung 5.19). Das Projekt kann so hierarchisch strukturiert und organisiert werden. Wenn Sie eine Gruppe anklicken, werden alle darin enthaltenen Bauteile gleichzeitig ausgewählt und können zusammen bearbeitet werden.

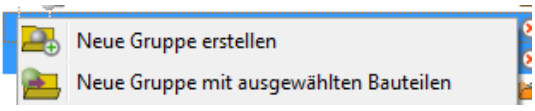


Abbildung 5.18: *Nach einem Rechtsklick auf ein Bauteil im Projektbaum kann entweder eine leere Gruppe oder eine Gruppe mit allen ausgewählten Bauteilen erzeugt werden.*

Wenn Sie auf die Gruppe rechtsklicken, erscheint ein Kontextmenü mit Funktionen zum Bearbeiten der gesamten Gruppe. Sie können sie **umbenennen**, mit allen beinhalteten Bauteilen **entfernen** oder **alle leeren Gruppen auf einmal entfernen**. Mit **Gruppe auflösen** wird die Gruppe entfernt und die darin enthaltenen Bauteile werden in die übergeordnete Gruppe oder den Bereich Bauteile verschoben (Abbildung 5.19).
Wenn Sie die **Farbe der Gruppe ändern**, bekommen alle Bauteile in der Gruppe und alle Bauteile, die Sie danach noch zur Gruppe hinzufügen, die gewählte Farbe. Das Symbol der Gruppe im Projektbaum wird so verändert, dass die kleine Kugel über dem Ordner die Farbe der Gruppe erhält. Wenn Sie ein Bauteil wieder aus der Gruppe entfernen, nimmt es wieder seine ursprüngliche Farbe an.
Wenn Sie die **Gruppe anzeigen oder verstecken**, werden alle der Gruppe zugeordneten Bauteile angezeigt bzw. versteckt. Dies können Sie auch tun, indem Sie auf das kleine Auge neben der Gruppe im Baum klicken. Dieses Auge zeigt auch an, ob die Bauteile der Gruppe angezeigt oder versteckt sind. Wenn alle Bauteile der Gruppe angezeigt werden, ist das Auge orange. Wenn alle versteckt sind, ist es grau. Wenn sowohl angezeigte als auch versteckte Bauteile in der Gruppe sind, ist es halb orange, halb grau (Abbildung 5.19).

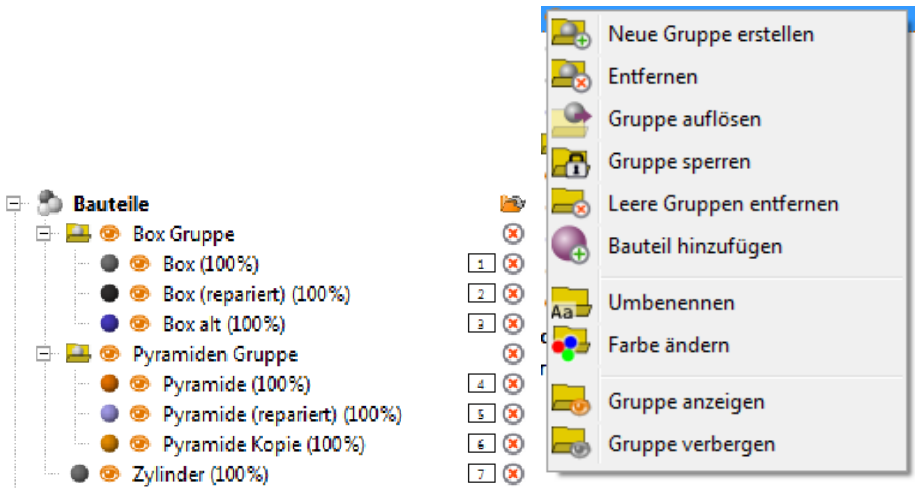


Abbildung 5.19: *Links: Zwei Gruppen in einem Projektbaum. Rechts: Das Kontextmenü nach einem Rechtsklick auf eine Gruppe.*

Bauteilnummern

Wenn Sie im Projektbaum auf den Bereich "Bauteile" rechtsklicken, können Sie die Option **Bauteilnummern anzeigen** aktivieren oder deaktivieren. Wenn die Option aktiv ist, wird ein Kästchen mit einer Zahl rechts neben jedem Objekt im Projektbaum eingeblendet (Abbildung 5.20).

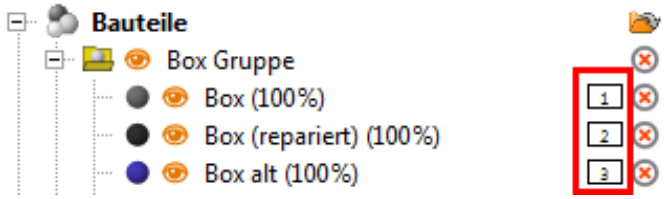


Abbildung 5.20: *Hier werden die Nummern der Bauteile im Projektbaum angezeigt.*

Das erste bzw. älteste Bauteil im Projekt hat die Nummer 1. Jedes folgende Teil bekommt danach die folgende Nummer, selbst wenn Bauteile mit niedrigeren Nummern bereits entfernt wurden. Bauteile gelten auch als neu, nachdem sie bearbeitet wurden, z.B. in der Reparatur.
Die Nummerierung der Bauteile kann sehr hilfreich sein, um den Überblick über Projekte mit sehr vielen Teilen zu behalten.
Im Kontextmenü nach Rechtsklick auf den Bereich "Bauteile" finden Sie auch die Funktion **Bauteile neu nummerieren**. Damit werden den Teilen, sofern zwischendurch welche entfernt wurden, wieder durchgehende Nummern zugewiesen, immer noch geordnet nach der Zeit, die sie schon im Projekt sind. Das älteste Bauteil im Projekt erhält also die Nummer 1 das zweitälteste die Nummer 2 und so weiter.

5.8 Bauraumübersicht

Die Bauraumübersicht erhalten Sie, wenn Sie F5 drücken, das Symbol "Übersicht" in der Symbolleiste anklicken oder "Bauraumübersicht" im Bearbeiten-Menü wählen.
Es öffnet sich ein Fenster, in dem alle Bauteile des Projekts aufgelistet sind. Dazu erhalten Sie Informationen bezüglich der Bauteilnummer (ID), Status, Länge, Breite, Höhe, Volumen, Fläche, Anzahl der Dreiecke, der Dreieckskanten sowie der Eckpunkte eines jeden Bauteils (Abbildung 5.21).

Zudem die Gesamtgröße des Bauteilarrangements entlang der X-, Y- und Z-Achse, das Gesamtvolumen und die Gesamtfläche der Bauteile sowie der Füllgrad des Bauraums berechnet und rechts unten angegeben. Wenn das Kästchen **nur ausgewählte Bauteile** aktiviert ist, werden nicht ausgewählte Bauteile nicht berücksichtigt.
Die Daten der Bauraumübersicht können mit der Schaltfläche **Daten exportieren** als CSV-Datei in Tabellenform gespeichert werden. Unten links können Sie einen Haken setzen, um nur eine Liste der Bauteilnamen ohne weitere Informationen zu exportieren. Zielverzeichnis und Dateiname müssen in einem eigenen Fenster gewählt werden.

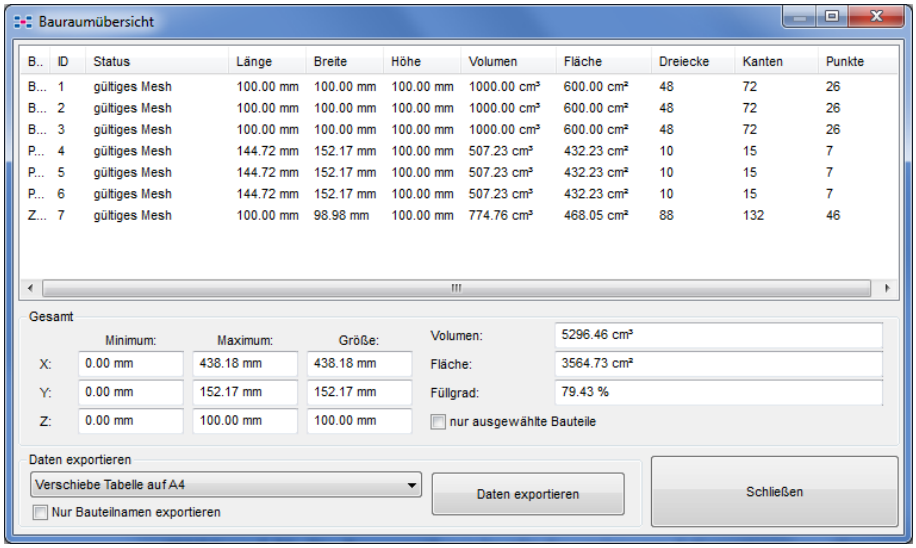

Bauraumübersicht
B.. ID Status Länge Breite Höhe Volumen Fläche Dreiecke Kanten Punkte
B... 1 gültiges Mesh 100.00 mm 100.00 mm 100.00 mm 1000.00 cm³ 600.00 cm² 48 72 26
B... 2 gültiges Mesh 100.00 mm 100.00 mm 100.00 mm 1000.00 cm³ 600.00 cm² 48 72 26
B... 3 gültiges Mesh 100.00 mm 100.00 mm 100.00 mm 1000.00 cm³ 600.00 cm² 48 72 26
P... 4 gültiges Mesh 144.72 mm 152.17 mm 100.00 mm 507.23 cm³ 432.23 cm² 10 15 7
P... 5 gültiges Mesh 144.72 mm 152.17 mm 100.00 mm 507.23 cm³ 432.23 cm² 10 15 7
P... 6 gültiges Mesh 144.72 mm 152.17 mm 100.00 mm 507.23 cm³ 432.23 cm² 10 15 7
Z... 7 gültiges Mesh 100.00 mm 98.98 mm 100.00 mm 774.76 cm³ 468.05 cm² 88 132 46
Gesamt
Minimum: Maximum: Größe:
X: 0.00 mm 438.18 mm 438.18 mm
Y: 0.00 mm 152.17 mm 152.17 mm
Z: 0.00 mm 100.00 mm 100.00 mm
Volumen: 5296.46 cm³
Fläche: 3564.73 cm²
Füllgrad: 79.43 %
nur ausgewählte Bauteile
Daten exportieren
Verschiebe Tabelle auf A4
Nur Bauteilnamen exportieren
Daten exportieren
Schließen

Abbildung 5.21: *Die Bauraumübersicht gibt die wichtigsten Informationen zu allen Bauteilen an und ermöglicht den Export einer Tabellendatei.*

5.9 Kollisionserkennung

Die Kollisionserkennung prüft, ob irgendwelche Bauteile im Projekt sich berühren. Wenn eine Kollision entdeckt wird, werden die sich berührenden Bereiche gelb markiert. Sie finden die Funktion in der Symbolleiste und im Bearbeiten-Menü oder indem Sie Strg+K drücken.
In einem Untermenü haben Sie die Wahl, ob sie eine Toleranz von 1mm oder 2,5mm für die Berechnung benutzen wollen (Abbildung 5.22). Das Programm unterteilt den

Raum in ein Raster mit Zellen von der Größe der gewählten Toleranz. Jede Zelle, die von mehr als einem Bauteil berührt wird, wird dann bei der Kollisionserkennung gelb markiert (Abbildung 5.23). Eine höhere Toleranz macht die Kollisionserkennung also ungenauer, spart aber Rechenzeit.

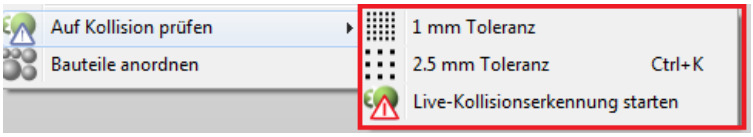


Abbildung 5.22: *Wählen Sie entweder 1mm oder 2,5mm Toleranz.*

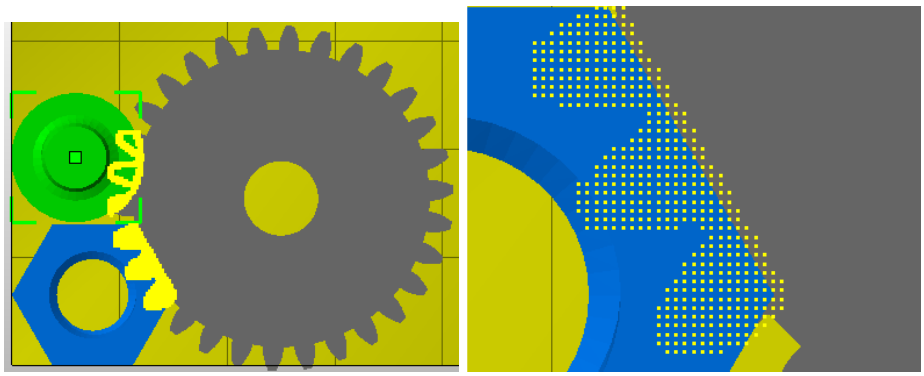


Abbildung 5.23: *Links: Kollisionen werden gelb markiert. Rechts: Mit hohem Zoom sind die markierten Rasterzellen zu erkennen.*

Kapitel 6

Bauteile Bearbeiten

Es gibt mit netfabb Professional verschiedene Möglichkeiten, dreidimensionale Bauteile zu bearbeiten. Neben der Bauteilanalyse sind dies einfache Bearbeitungsfunktionen wie das Spiegeln, Invertieren, Konvertieren nach Längeneinheiten, Vereinen oder Aufteilen von Bauteilen nach Shells sowie das Erstellen neuer Shells und Offsets auf Basis existierender Bauteile, verschiedene Schnittfunktionen und das Durchführen von Boolschen Operationen, mit denen Bauteile vereint werden, voneinander abgezogen werden oder mit denen die Schnittmenge von Bauteilen erzeugt wird.
Weitere Funktionen zur Bauteilbearbeitung stehen als Teil der Bauteilreparatur zur Verfügung (Kapitel 7).

6.1 Bauteilanalyse

Es gibt vier verschiedene Bauteilanalysen: Die Standardanalyse, die Analyse von Ober- und Unterseiten, des Schwerpunkts und die Schattenflächenanalyse.
Sie erhalten eine Analyse des ausgewählten Bauteils, wenn Sie auf das Analyse-Symbol in der Symbolleiste klicken oder die Option "Neue Analyse" im Extras-Menü oder Extras-Submemü des Kontextmenüs des Bauteils wählen. In einem weiteren Submenü können Sie eine der drei Analysen auswählen.
Die Analyse öffnet ein Fenster im Tabsheet, in dem Sie Informationen über das Bauteil erhalten, abhängig von der Art der Analyse (Abbildung 6.1). Im Projektbaum wird dem Bauteil der Unterordner "Bauteilanalyse" zugeordnet, in dem die einzelnen

Analysen des Bauteils aufgelistet werden (Abbildung 6.2). Sie können eine beliebige Anzahl Analysen mit einem Bauteil durchführen.

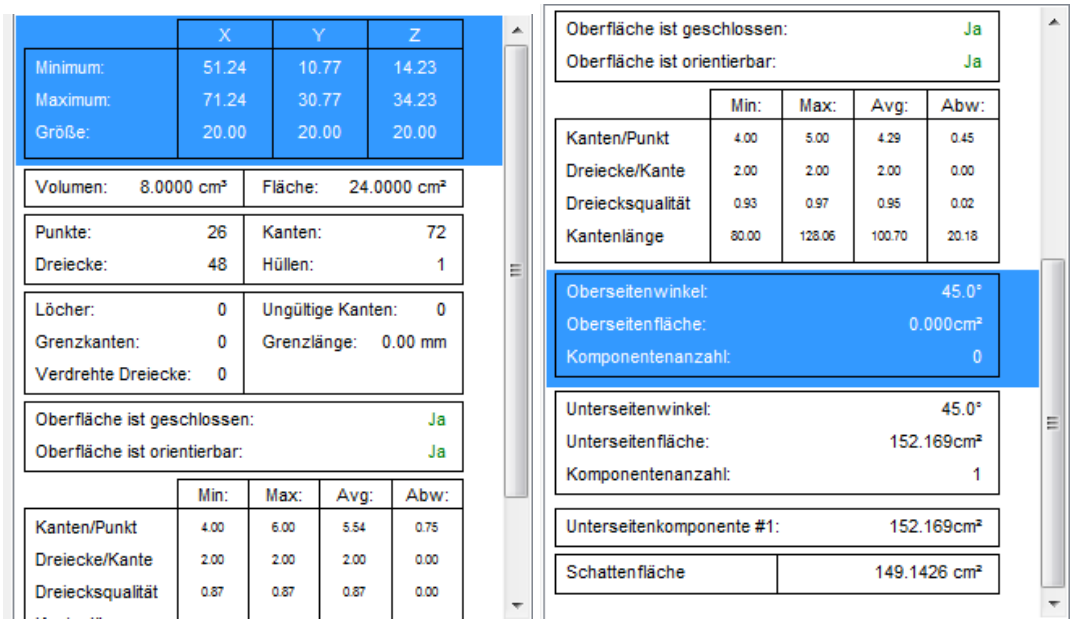


Abbildung 6.1: *Die Analyse eines Bauteils wird im Tabsheet wiedergegeben. Links: Die Standardanalyse. Rechts: Die Ergebnisse der Ober- und Unterseitenanalyse sowie der Schattenflächenanalyse sind unter der Standardanalyse.*

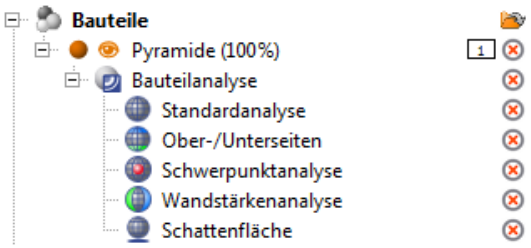


Abbildung 6.2: *Eine Analyse mit fünf Einzelanalysen im Projektbaum.*

Sie können Einzelanalysen mit einem Doppelklick auf das rote X rechts neben der jeweiligen Analyse im Projektbaum entfernen. Wenn Sie die gesamte Gruppe von Analysen entfernen wollen, benutzen Sie das X neben dem Ordner "Bauteilanalyse" oder rechtsklicken Sie darauf und entfernen Sie sie im Kontextmenü.

6.1.1 Standardanalyse

In der Standardanalyse erhalten Sie Informationen über Position, Größe, Volumen und Fläche sowie Anzahl der Eckpunkte, Dreiecke, Dreieckskanten und Shells des ausgewählten Bauteils.
Zudem wird geprüft, ob und wie das Bauteil fehlerhaft ist. Die Analyse berechnet die Anzahl der Löcher, Grenzkanten, umgedrehten Dreiecke und ungültiger Kanten, gibt die Gesamtlänge der Grenzkanten an und prüft, ob das Bauteil geschlossen und orientierbar ist. So können Sie einfach herausfinden, ob und wie das Teil repariert werden muss.
Zusätzlich dazu wird der minimale, maximale und durchschnittliche Wert sowie die Abweichung angegeben für die Kanten pro Punkt, Dreiecke pro Kante Dreiecksqualität und Kantenlänge angegeben (Abbildung 6.1).

6.1.2 Ober- und Unterseitenanalyse

Mit der Ober- und Unterseitenanalyse können Sie die oberen und unteren Flächen eines Bauteils identifizieren, abhängig vom Winkel zur Waagerechten. Sie finden genau heraus, welche Flächengebiete auf dem ausgewählten Bauteil so orientiert sind, dass Ihr Winkel im Bezug zur X-Y-Ebene unterhalb eines bestimmten Wertes liegen. Je nachdem, ob die Orientierung dieser Flächen bzw. Dreiecke dann nach oben oder nach unten zeigt, handelt es sich dann um Ober- oder Unterseiten.
Diese Analyse kann sehr wichtig sein, wenn Sie zum Beispiel bestimmte Produktionsmethoden nutzen, die an der Ober- oder Unterseite Oberflächen mit verminderter Qualität erzeugen. Dann könnte es Sinn machen, das Bauteil vor der Produktion noch zu drehen.
In einer Dialogbox können Sie verschiedene Einstellungen für die Ober-und Unterseitenanalyse vornehmen.
Sie können Haken setzen, mit denen eine Oberseitenanalyse, eine Unterseitenanalyse oder beides vorgenommen werden soll.
Rechts daneben können Sie die **Grenzwinkel** einstellen. Wenn Sie hier 0° einstellen, werden nur absolut flache Gebiete als Ober- oder Unterseite definiert. Mit 90° wird alles zwischen der flachen X-Y-Ebene und der Horizontalen als Ober- oder Unterseite definiert.

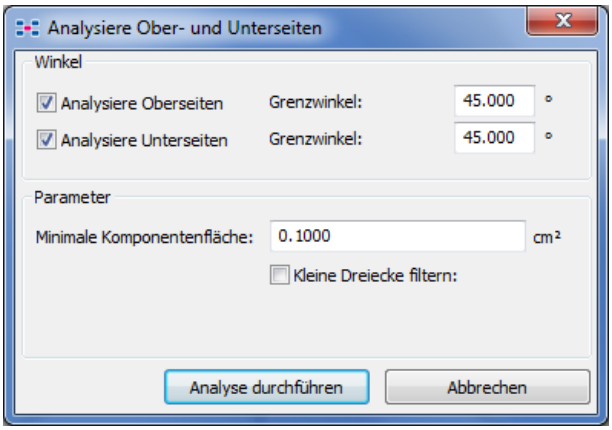


Abbildung 6.3: *Die Dialogbox für die Analyse von Ober- und Unterseiten.*

In dem Feld **Parameter** finden Sie die minimale Komponentenfläche und Sie können kleine Dreiecke filtern:
Die **Minimale Komponentenfläche** bestimmt, wie groß die Ober- und Unterseitenbereiche mindestens sein müssen. Es kann passieren, dass zusammenhängende Flächen, die unter dem angegeben Winkel liegen, sehr klein sind. Wenn eine zusammenhängende Fläche kleiner ist als der hier angegebene Wert, wird sie nicht als Ober- oder Unterseite klassifiziert.
Wenn Sie **Kleine Dreiecke Filtern**, werden Dreiecke, die innerhalb eines Ober- oder Unterseitenbereichs liegen, aber deren Winkel selbst nicht unter dem angegeben Wert liegt, herausgefiltert und trotzdem als Ober- oder Unterseiten klassifiziert. So werden dier Flächen durch falsch orientierte Dreiecke, "Falten" oder ähnliches nicht unterbrochen.
Im Anzeigebildschirm ist der normale Bereich des Bauteils grau, die Oberseiten blau und die Unterseiten grün (Abbildung 6.4). Im Tabsheet werden Felder für die Oberseiten- und Unterseitenanalyse hinzugefügt, in denen der Grenzwinkel, die Gesamtfläche und die Anzahl von Komponenten angegeben wird, und es gibt Felder für alle einzelnen Ober- und Unterseitenkomponenten, in denen ihre Fläche einzeln angegeben wird (Abbildung 6.1).
Sie können jederzeit zur Ober- und Unterseitenanalyse zurückkehren, wenn Sie sie im Projektbaum oder im Tabsheet anklicken.

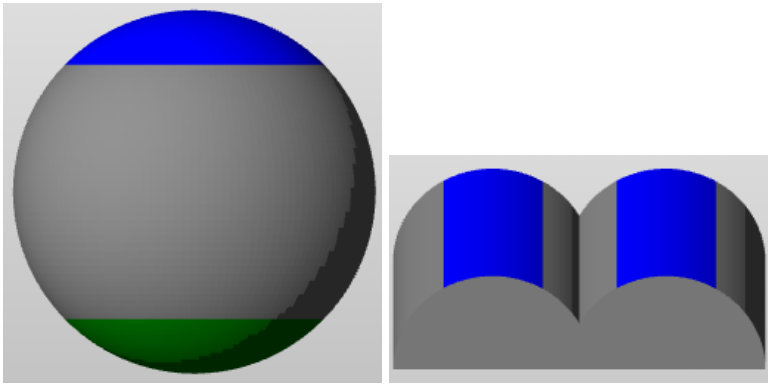


Abbildung 6.4: *Links: Die Oberseite dieser Kugel ist blau eingefärbt, die Unterseite ist grün. Rechts: Dieses Bauteil hat zwei Oberseitenkomponenten.*

6.1.3 Schwerpunkt

Diese Analyse liefert Informationen über die Position des Schwerpunkts. Es gibt die genauen Werte der Achsen und die Größe des ganzen Modells an. Die Analyse hilft Ihnen, eine gute Bauteilausrichtung für die Herstellung zu finden, und Sie können entscheiden, ob die Funktionalität des Teils gegeben ist. (figure 6.5)

6.1.4 Wandstärke

In der Analyse der Wandstärke können Sie überprüfen, ob die Wandstärke des Bauteils den Anforderungen Ihrer Maschine genügt. Zuerst bestimmen Sie die **Grenzwerte der Wandstärke**. Alle Ergebnisse die niedriger als diese Zahl sind werden dann rot und somit als zu dünn markiert (figure 6.6). Dann können Sie festlegen, wie viel Prozent des Bauteils kleiner als die gerade beschriebene Zahl sein soll. Mit den nächsten beiden Buttons, können Sie Ihre eigenen Standardeinstellungen speichern und laden. Ein Beispiel: Sollen all Ihre Teile eine Wandstärke von mindestens 0,5 mm aufweisen, geben Sie diesen Wert in der kritischen Wandstärke ein und 0,0% als kritische Oberfläche. Danach drücken Sie auf "Speichern als Standard" und später könne Sie diese Einstellungen wieder verwenden.

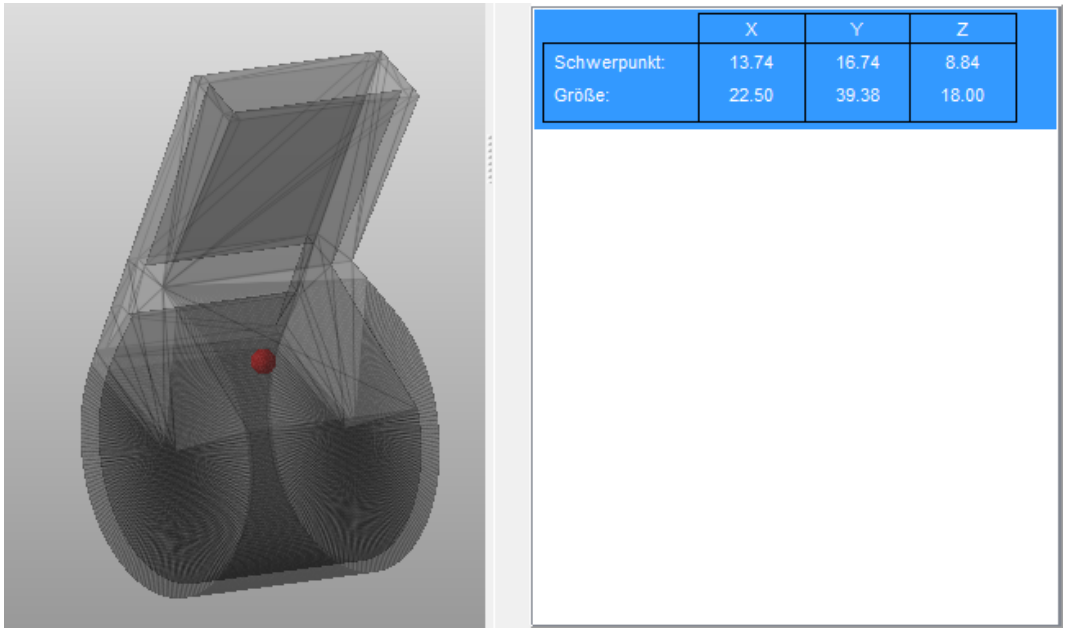


Abbildung 6.5: *Der rote Punkt symbolisiert das Zentrum des Schwerpunktes von dem Bauteil.*

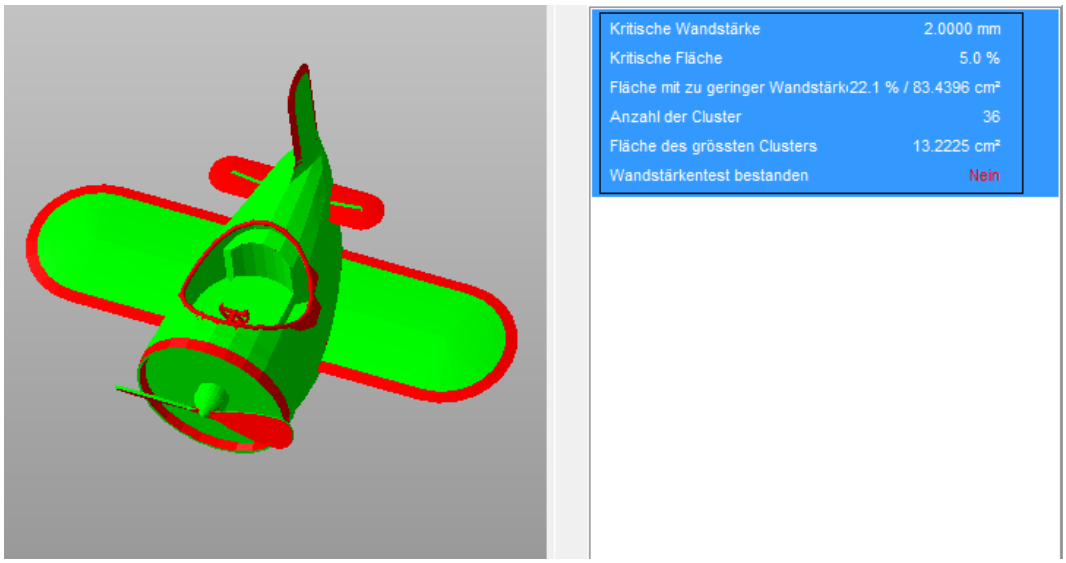

Kritische Wandstärke 2.0000 mm
Kritische Fläche 5.0 %
Fläche mit zu geringer Wandstärke 22.1 % / 83.4396 cm²
Anzahl der Cluster 36
Fläche des grössten Clusters 13.2225 cm²
Wandstärkentest bestanden Nein

Abbildung 6.6: *Die kritische Wandstärke von 2.0mm wurde bei diesem Flugzeug vor allem an den Bauteilrändern deutlich unterschritten.*

6.1.5 Schattenflächenanalyse

Die Schattenflächenanalyse projiziert das Volumen Ihres Bauteils auf die X-Y-Ebene. Sie bekommen dadurch eine Art Schatten, den das Bauteil auf die untere Ebene seiner Outbox wirft (Abbildung 6.7).
Die Analyse berechnet die Fläche des Schattens und gibt sie im Tabsheet an. Die Schattenflächenanalyse wird unter der Ober- und Unterseitenanalyse einsortiert.
Die Schattenflächenanalyse kann nur durchgeführt werden, wenn Sie ein fehlerfreies Dreiecksnetz ohne Löcher haben

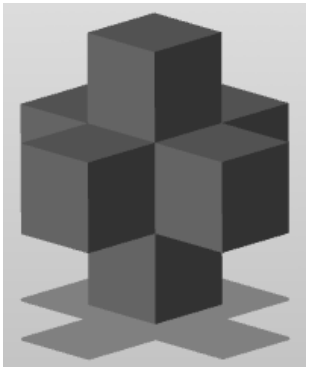


Abbildung 6.7: *Der Schatten dieses Bauteils wird auf die untere Ebene projiziert.*

6.2 Einfache Bauteilbearbeitung im Standardmodul

Einige einfache Bearbeitungsfunktionen wie das Invertieren der Orientierung, das Spiegeln von Bauteilen, das Konvertieren nach Längeneinheiten, das Vereinen von Bauteilen oder das Aufteilen von Bauteilen nach Shells befinden sich im Standardmodul. Sie beziehen sich immer auf ausgewählte Bauteile und sind im Bauteil-Menü oder im Erweitert-Submenü des Kontextmenüs der Bauteile abrufbar (Abbildung 6.8).

6.2.1 Bauteile invertieren

Alle Dreiecke des ausgewählten Bauteils werden invertiert, Außen- und Innenseite werden vertauscht. Bauteile mit einer gültigen Orientierung werden

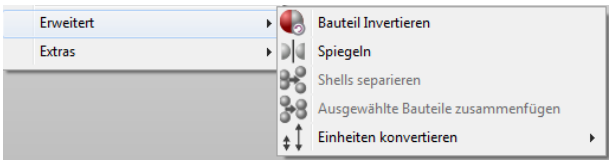


Abbildung 6.8: *Das Submenü "Erweitert" im Kontextmenü.*

also komplett umgedreht und bekommen damit ein negatives Volumen. Invertierte Bauteile werden gültig gemacht. Die Form des Objekts wird nicht verändert (Abbildung 6.9). Sie können das Originalbauteil entweder behalten oder ersetzen.

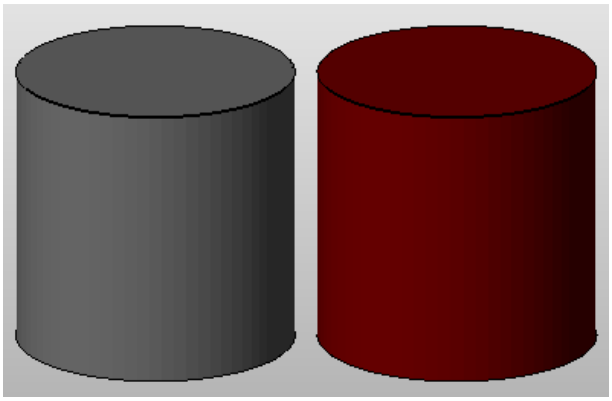


Abbildung 6.9: *Ein gültiger und ein invertierter Zylinder. Der invertierte Zylinder hat die gleichen Spezifikationen, aber ein negatives Volumen.*

6.2.2 Spiegeln

Das ausgewählte Bauteil wird entlang der X-Achse gespiegelt. Die Y-Z-Ebene ist somit die Spiegelebene. Die Dreiecke des gespiegelten Teils haben die gleichen X- und Y-Koordinaten wie das Original. Die X-Koordinaten der Dreiecke werden in Relation zu denen des gesamten Bauteils umgedreht. Somit hat das gespiegelte Bauteil die gleichen Maße wie das Original, aber die Form ist umgedreht (Abbildung 6.10). Sie können das Original entweder ersetzen oder das gespiegelte Teil als zusätzliches Bauteil neben das Original ins Projekt einfügen.
Wenn Sie das Bauteil entlang der Y- oder Z-Achse spiegeln wollen, müssen Sie das gespiegelte Bauteil einfach rotieren. Zum Spiegeln entlang der Y-Achse, rotieren Sie

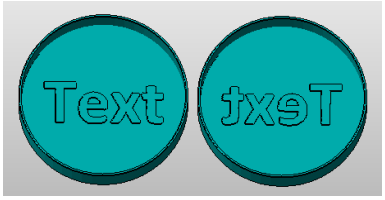


Abbildung 6.10: *Originalbauteil und gespiegeltes Bauteil.*

das gespiegelte Teil um 180° um die X-Achse. Zum Spiegeln entlang der Z-Achse, rotieren Sie das gespiegelte Teil um 180° um die Y-Achse.

6.2.3 Einheiten Konvertieren

Diese Funktion ändert die Größe des Bauteils entsprechend veränderter Längeneinheiten. Die Werte entlang der drei Achsen werden in die gleichen Werte in der neuen Einheit konvertiert, entweder von mm zu Inch oder von Inch zu mm. Wenn Sie zum Beispiel Inch zu mm wählen wird ein Bauteil mit der Länge, Breite und Höhe von 100mm auf 100 Inch skaliert. Mit mm zu Inch wird andersherum skaliert und Teile in der Größe 100 inch werden auf 100mm herunterskaliert.
Dies ist oft nötig, wenn beim Abspeichern der Daten mit einem anderen CAD-Programm keine Längeneinheit mit gespeichert wird und das Bauteil dann in der falschen Größe geladen wird.

6.2.4 Shells Separieren

Ausgewählte Bauteile, die aus mehr als einer Shell bestehen, werden aufgeteilt, so dass jede Shell ein eigenes Bauteil wird. Das Originalbauteil kann entweder ersetzt oder behalten werden (Abbildung 6.11).
Im Projektbaum kann man auf einen Blick feststellen, welche Bauteile aus mehr als einer Shell bestehen. Sie haben rechts oben auf dem farbigen Punkt neben dem Bauteilnamen ein kleines Kästchen.

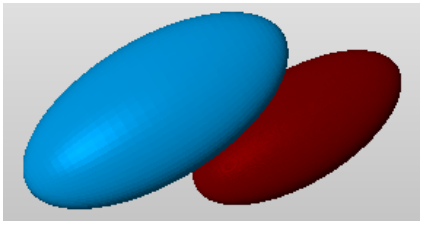


Abbildung 6.11: *Mit "Shells separieren" wird die innere Shell eines hohlen Körpers ein eigenes Teil und kann separat verschoben werden.*

6.2.5 Ausgewählte Bauteile Zusammenfügen

Für diese Funktion müssen mindestens zwei Bauteile ausgewählt sein. Diese Bauteile werden vereint und es entsteht ein Bauteil, das alle Shells der Originale enthält (Abbildung 6.12). Die Originalbauteile können entweder ersetzt oder behalten werden.

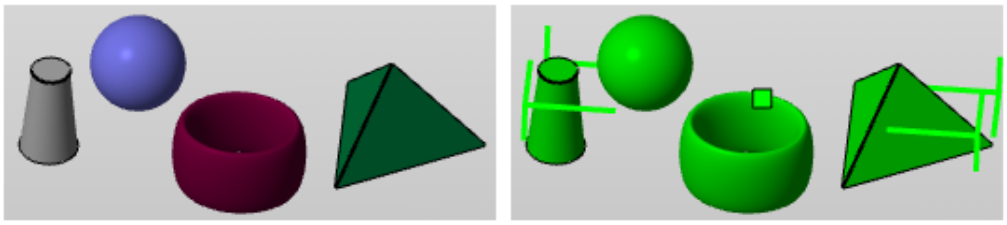


Abbildung 6.12: *Vier Bauteile werden zu einem einzigen Bauteil mit vier Shells.*

6.3 Hülle Erzeugen

Diese Funktion finden Sie im Extras-Menü oder im Extras-Submenü des Kontextmenüs, wenn Sie auf ein Bauteil im Anzeigebildschirm oder im Projektbaum rechtsklicken.
Sie erschaffen damit ein neues Bauteil, deren Shell basierend auf dem Original erzeugt wird. Je nach der im Dropdownmenü gewählten Einstellung erzeugen Sie ein hohles Bauteil, einen Innenoffset, einen Außenoffset oder eine aushöhlende Shell. Das Bauteil kann als Dreiecksnetz oder direkt als Schichtdatei erzeugt werden.

Die Wandstärke bestimmt den Abstand zwischen der Außenwand des Originals und der neuen Shell. Jeder Punkt der neuen Shell wird genau diesen Abstand zum Original haben. Dadurch werden beispielsweise Kanten und Ecken nach Außen abgerundet (Abbildung 6.13).

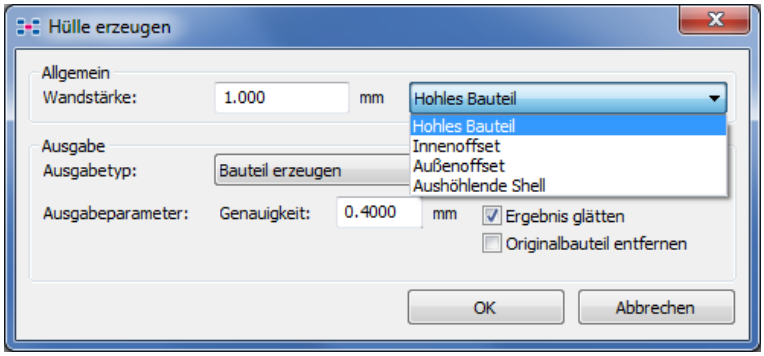


Abbildung 6.13: *Die Dialogbox zum Erzeugen von Hüllen.*

Bei einem **hohlen Bauteil** wird das Originalbauteil mit einer invertierten Shell im Inneren kombiniert (siehe auch "Aushöhlende Shell").
Ein **Innenoffset** ist ein neues, richtig orientiertes Bauteil im Inneren des Originals. Die Außenwände werden um die gewählte Entfernung nach Innen versetzt, so dass das Volumen sinkt (Abbildung 6.14).

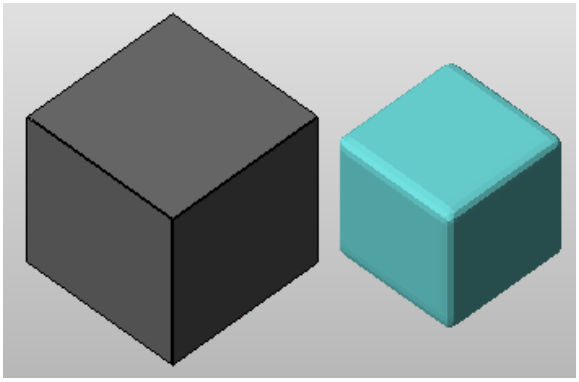


Abbildung 6.14: *Der Innenoffset eines Würfels (rechts).*

Ein **Außenoffset** ist ein neues Bauteil, welches das Original umschließt. Die Außenwände werden um die gewählte Entfernung nach außen versetzt, so dass das Volumen steigt (Abbildung 6.15).

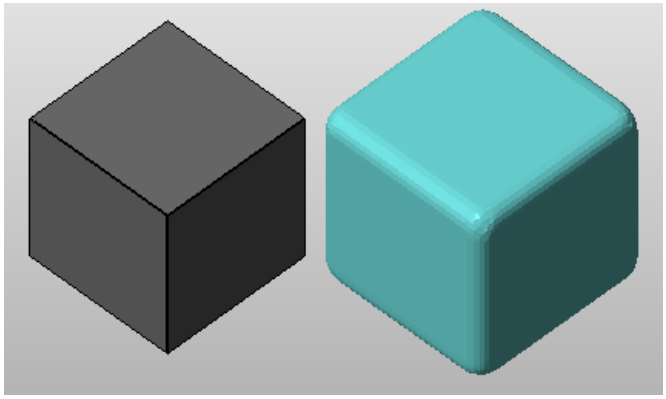


Abbildung 6.15: *Der Außenoffset eines Würfels (rechts).*

Eine **aushöhlende Shell** ist die innere, invertiere Shell eines hohlen Bauteils, ohne das Original als äußere Shell. Sie hat somit ein negatives Volumen (Abbildung 6.16).

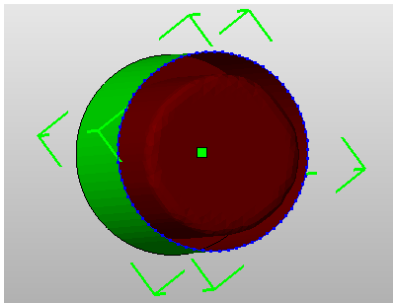


Abbildung 6.16: *Querschnitt eines Zylinders mit einer hohlen Shell innen.*

Als Ausgabetyp stehen Ihnen ein dreidimensionales Bauteil oder ein Slice zur Verfügung:
Wenn Sie ein **Bauteil erzeugen**, können Sie die Genauigkeit einstellen, mit der das Dreiecknetz berechnet wird. Mit einem geringen Wert wird ein feineres Dreiecknetz erzeugt als mit einem hohen Wert. Dadurch entstehen sehr präzise Offsets, jedoch verursacht dies auch sehr lange Berechnungszeiten.
Die Option Ergebnis glätten sorgt dafür, dass raue Oberflächen am neuen Bauteil vermieden werden und ein besseres Dreiecksnetz geschaffen wird.
Wenn Sie einen **Slice erzeugen**, werden Schichtdaten erzeugt und in den Bereich Slices im Projektbaum kopiert. Dabei muss kein Dreiecksnetz berechnet werden. Sie können in den Ausgabeparametern die Schichtstärke und die Rundheit des Offsets

anpassen. Ein geringerer Winkel bei der Rundheit macht Kurven runder und präziser (Abbildung 6.17).
Das Erzeugen einer Slice-Datei benötigt weit weniger Berechnungszeit und ist daher durchaus empfehlenswert, wenn Sie für die Produktion sowieso Schichtdaten benötigen.

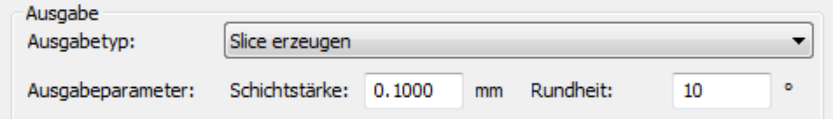


Abbildung 6.17: *Wenn Sie anstatt eines Bauteils einen Slice erzeugen, können Sie in den Ausgabeparametern die Schichtstärke und Rundheit anpassen.*

6.4 Einfaches Schneiden

Einfache Schnitte parallel zu den Hauptebenen können im Standardmodul vorbereitet werden. Alle Optionen dafür befinden sich im Tabsheet (Abbildung 6.18).
Bauteile können an bestimmten Koordinaten im rechten Winkel zur X-, Y- und Z-Achse geschnitten werden. Die Schnittebenen sind parallel zu den Ebenen der beiden anderen Achsen (Abbildung 6.19). Wenn Sie auf **Schneiden** klicken, werden Sie direkt zum **Freien Schneiden** weitergeleitet, wo Sie den Schnitt ausführen können (siehe Kapitel 6.5). Ihre Schnittebene wird dort übernommen. Wenn Sie Schnittlinien für mehrere Achsen gesetzt haben, müssen Sie in einem Dialog wählen, welche Sie benutzen wollen. Die aus dem Schnitt resultierenden zerschnittenen Bereiche werden als eigene Bauteile ins Projekt eingefügt.
Der Koordinatenwert einer Achse, an dem Bauteile durchgeschnitten werden, kann entweder manuell eingegeben oder mit einem Schieberegler verändert werden. Zudem können Schnittebenen mit der Maus gesetzt werden.
Um eine Schnittebene mit der Maus zu setzen, klicken Sie mit der rechten Maustaste auf die orange Box zwischen dem Buchstaben der Achse und dem Schieberegler. Damit öffnet sich ein Kontextmenü, in dem Sie eine Option finden, mit der Sie einen Schnitt durch die gewählte Achse setzen können. Mit dieser Option können Sie, indem Sie auf ein Bauteil klicken, eine Schnittebene durch die gewählte Achse setzen, die durch den angeklickten Punkt verläuft. Wenn Sie die linke Maustaste gedrückt

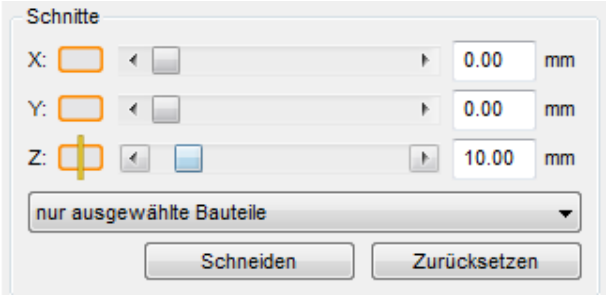


Abbildung 6.18: *Schnittoptionen im Tabsheet.*

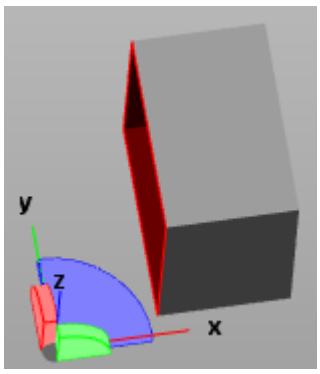


Abbildung 6.19: *Ein Schnitt durch die X-Achse.*

halten, wird als Vorschau eine durchsichtige Ebene eingeblendet, die Sie mit der Maus per *drag & drop* verschieben können. Die Ebene wird erst eingefügt, wenn Sie die linke Maustaste loslassen (Abbildung 6.20).

Als Vorschau auf den Schnitt werden alle gesetzten **Schnittlinien** eingeblendet. Mit Standardeinstellungen ist die Schnittlinie quer zur X-Achse rot, die Schnittlinie quer zur Y-Achse grün und die Schnittlinie quer zur Z-Achse blau. Nach einem Rechtsklick auf das Feld zwischen dem Achsenbuchstaben und dem Schieberegler können zudem die Eckpunkte auf der Schnittlinie eingeblendet werden (Abbildung 6.21).

Links neben den Schiebereglern für die Koordinaten wird angezeigt, welche Komponenten des Schnitts im Anzeigebildschirm zu sehen sind. Durch Anklicken dieser Komponenten können Sie sie **ausblenden und wieder einblenden**. Durch Anklicken der orangen Hälften links und rechts werden die Bereiche des Bauteils vor oder nach der Schnittlinie versteckt. Damit erhalten Sie eine **freie Sicht** auf die aufzuspal-

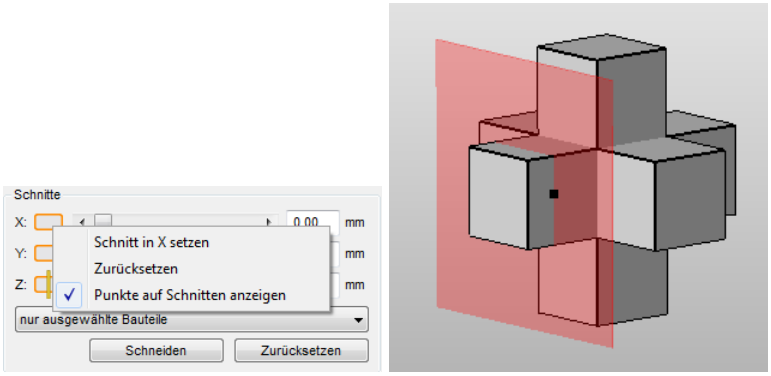


Abbildung 6.20: *Links: Nach einem Rechtsklick auf die orange Box können Sie Schnitte mit der Maus setzen. Rechts: Wenn Sie die linke Maustaste gedrückt halten, wird eine durchsichtige Schnittebene als Vorschau eingeblendet. Die Ebene wird über das Bauteil verschoben, wenn Sie die Maus bewegen.*

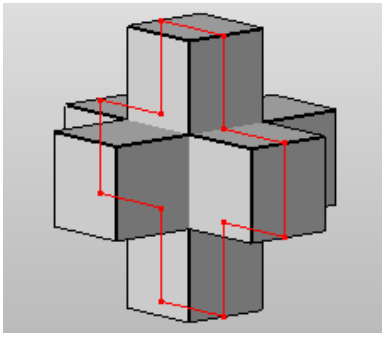


Abbildung 6.21: *Die Eckpunkte auf der Schnittlinie werden visualisiert.*

tenden Teile und Sie können ins Innere Ihrer Bauteile sehen. Die gelbe Linie dazwischen zeigt an, dass die Schnittlinie quer zur jeweiligen Achse eingeblendet wird. Durch einen Klick darauf wird die Schnittlinie ausgeblendet. Wenn eine Schnittlinie ausgeblendet ist, wird sie beim Übertragen der Schnittebene in das Modul "Freies Schneiden" nicht berücksichtigt. Mit dem Ändern eines Koordinatenwertes wird eine Schnittlinie automatisch wieder eingeblendet.
Diese Ansichtsoptionen können beliebig kombiniert werden und machen das Schnittmodul zu einem sehr wirkungsvollen **Ansichtstool**. Es ermöglicht die Ansicht von Querschnitten und den Blick ins Innere von Bauteilen. Sie können zum Beispiel mit dem Schieberegler für die Z-Achse von oben nach unten scrollen und dabei den obe-

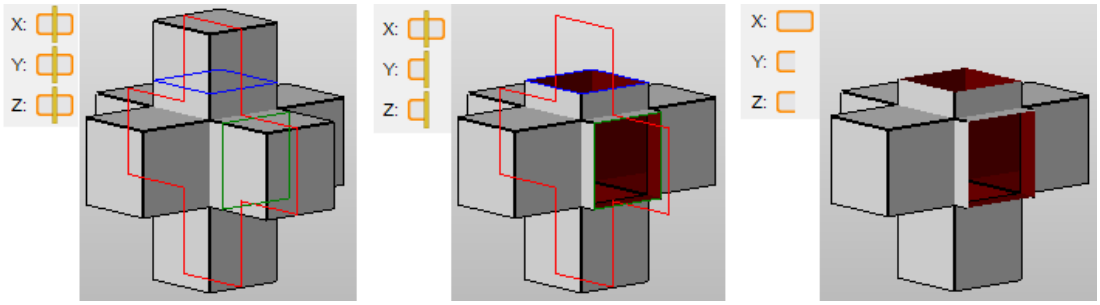


Abbildung 6.22: *Schnittlinien quer zu den drei Achsen mit drei verschiedenen Ansichtsoptionen im Schnittmodul. Zunächst wird alles eingeblendet. Im zweiten Bild werden die Bereiche des Bauteils, deren Y-Koordinaten unter der Schnittlinie quer zur Y-Achse und deren Z-Koordinaten über der Schnittlinie quer zur Z-Achse liegen, ausgeblendet. Im dritten Bild werden zudem die Schnittlinien ausgeblendet.*

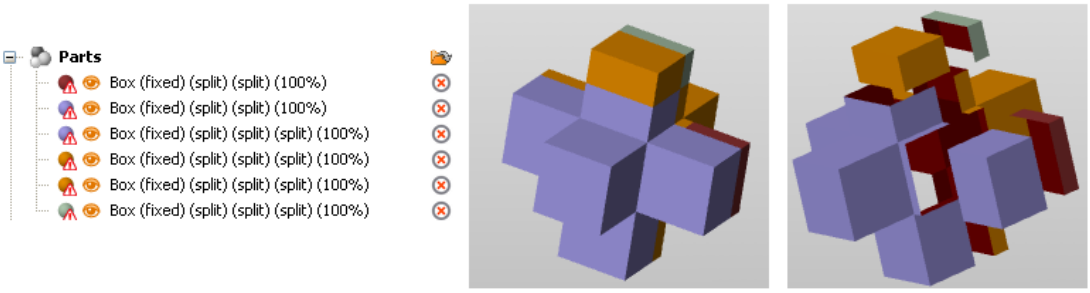

Parts
Box (fixed) (split) (split) (100%)
Box (fixed) (split) (split) (100%)
Box (fixed) (split) (split) (split) (100%)
Box (fixed) (split) (split) (split) (100%)
Box (fixed) (split) (split) (split) (100%)
Box (fixed) (split) (split) (split) (100%)

Abbildung 6.23: *Die aus der Vorschau oben resultierenden Teile, zunächst wie im Projektbaum aufgelistet, können separat verschoben werden.*

ren Bereich verstecken, um alle horizontalen Querschnitte zu sehen und das Teil visuell zu analysieren (Abbildung 6.22).
Die Schaltfläche **Zurücksetzen** setzt alle Schnittlinien auf null und blendet sie aus. Das Schnittmodul ist somit bis zur nächsten Änderung deaktiviert. Im Kontextmenü der einzelnen Achsen (nach Rechtsklick zwischen Achsenbuchstaben und Schieberegler) können Sie die Schnittlinien für einzelne Achsen zurücksetzen.
Schnitte können entweder auf alle Bauteile oder nur auf ausgewählte Bauteile angewendet werden. Es könnten also alle Teile im Projekt betroffen sein. Die Einstellung, die Sie hier treffen, wird im freien Schneiden übernommen.
Nachdem ein Schnitt durchgeführt wurde, wird die Schnittlinie zu dieser Achse zu-

rückgesetzt. Die anderen Schnittlinien verbleiben. Wenn Sie also Schnittlinien für zwei oder drei Achsen eingestellt haben, können Sie einfach den Schneideprozess mit jeder Achse wiederholen. Das Bauteil wird dadurch in bis zu 8 Einzelteile zerlegt (Abbildung 6.23).

6.5 Freies Schneiden

Mit dem Tool "Freies Schneiden" können Bauteile nicht nur parallel zu den 3 Hauptebenen geschnitten werden, sondern auch mit individuell definierten Schnittebenen oder mit einem am Bildschirm gezeichneten Polygon als Schnittlinie. Das Tool kann mit einem Symbol in der Symbolleiste, im Extras-Menü oder im Extras-Submenü des Kontextmenüs gestartet werden. Gesteuert wird das Modul im Tabsheet und im Anzeigebildschirm. Wenn Sie in der aktuellen Sitzung bereits mit dem Tool gearbeitet haben, ist die letzte Schnittebene immer noch vorhanden. Wenn Sie mit dem einfachen Schnitt eine Schnittebene gesetzt haben und das Modul aktiviert haben, wird diese Ebene für das Freie Schneiden eingesetzt.
Mit zwei Tabsheet-Registern können Sie wählen, ob Sie eine Schnittebene setzen wollen oder eine polygonförmige Linie zeichnen wollen.

6.5.1 Freies Schneiden mit Schnittebene

Schnittebene Setzen

Für das Setzen einer neuen Schnittebene gibt es drei Optionen: senkrecht zur Bauteiloberfläche, tangential zur Bauteiloberfläche oder durch drei Punkte auf der Bauteiloberfläche. Die Schnittebene ist mit Standardeinstellungen hellblau und hat viereckige schwarze Kästchen in der Mitte, an ihren Ecken und in der Mitte der vier Außenseiten (Abbildung 6.24). Wenn die Ebene platziert wird, können Sie die linke Maustaste gedrückt halten, um eine Vorschau zu erhalten. Die Ebene wird erst eingefügt, wenn Sie die Maustaste loslassen. Die Größe der Schnittebene passt sich dem Anzeigebildschirm an und hängt somit vom Zoom und der Perspektive ab.
Die drei Modi zum Setzen der Ebene können im Tabsheet aktiviert werden.:

Erzeuge Schnittebene senkrecht zur Oberfläche: Mit dieser Option kann eine Schnittebene eingefügt werden, wenn Sie auf die Oberfläche eines Bauteils klicken. Die Schnittebene wird im rechten Winkel zu dem Dreieck, das Sie

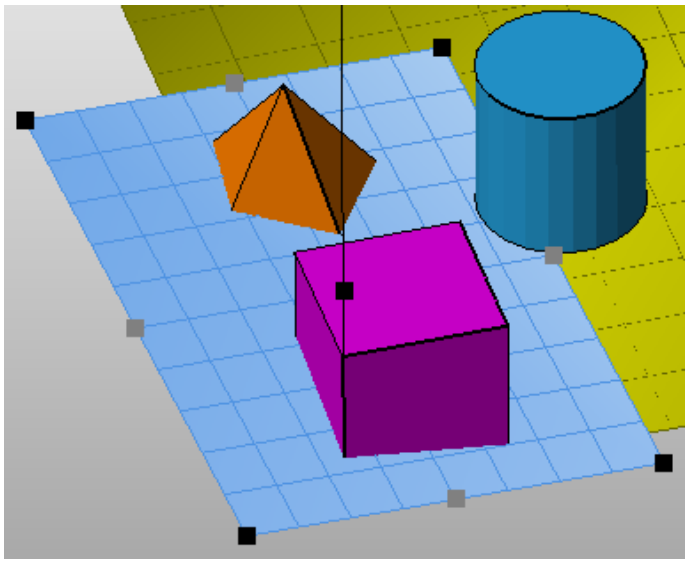


Abbildung 6.24: *Eine Schnittebene in einem Projekt mit drei Teilen. Die Pyramide (ausgewählt) und der Würfel werden durchschnitten, der Zylinder nicht.*

angeklickt haben, gesetzt. Sie wird gleichzeitig möglichst horizontal, parallel zur X-Y-Ebene gesetzt (Abbildung 6.25).

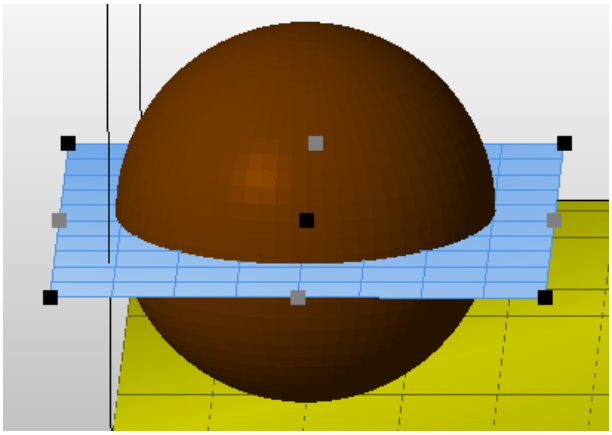


Abbildung 6.25: *Eine Schnittebene senkrecht zur Bauteiloberfläche.*

Erzeuge Schnittebene tangential zur Oberfläche: Mit dieser Option wird die Schnittebene parallel zum angeklickten Dreieck der Bauteiloberfläche eingefügt, so dass sie dieses Dreieck genau durchläuft (Abbildung 6.26).

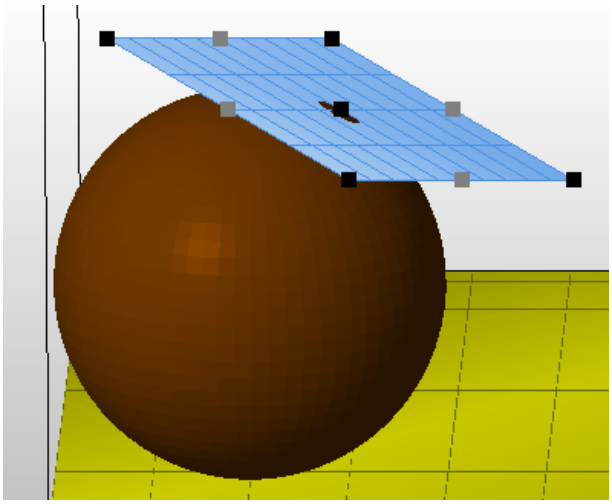


Abbildung 6.26: *Diese Schnittebene ist tangential zur Bauteiloberfläche ausgerichtet.*

Erzeuge Schnittebene durch drei Punkte: Wählen Sie diese Option, kann eine Schnittebene eingefügt werden, indem Sie nacheinander auf drei Punkte auf der Bauteiloberfläche klicken. Die Schnittebene verläuft dann durch diese drei Punkte. Eine Vorschau auf die Schnittebene erhalten Sie, wenn Sie beim Setzen des dritten Punktes die linke Maustaste halten. Der letzte Punkt wird auch zum Zentrum der Schnittebene (Abbildung 6.27).

Schnittebene Verschieben und Drehen

Mithilfe der viereckigen Punkte auf der Ebene kann sie mit der Maus per *drag & drop* verschoben und gedreht sowie ihre Proportionen verändert werden. Dabei macht es einen Unterschied, ob Sie die linke oder rechte Maustaste benutzen.
Wenn Sie mit links auf den mittleren Punkt klicken, können Sie die **Ebene frei im Raum verschieben**, ähnlich wie Sie Bauteile verschieben können (Abbildung 6.28). Wenn Sie die rechte Maustaste benutzen, wird die Ebene nur zweidimensional verschoben. Sie wird nur seitlich, nicht aber nach oben oder unten verschoben. Bauteile werden also immer noch an der selben Stelle von der Ebene durchschnitten. Möglicherweise liegen sie aber nicht mehr im Bereich der Ebene.
Mit den Punkten in den Ecken und an den Seitenrändern wird die **Schnittebene gedreht**. Wenn Sie die Ebene per ***drag & drop*** drehen, werden zwei dunkelblaue

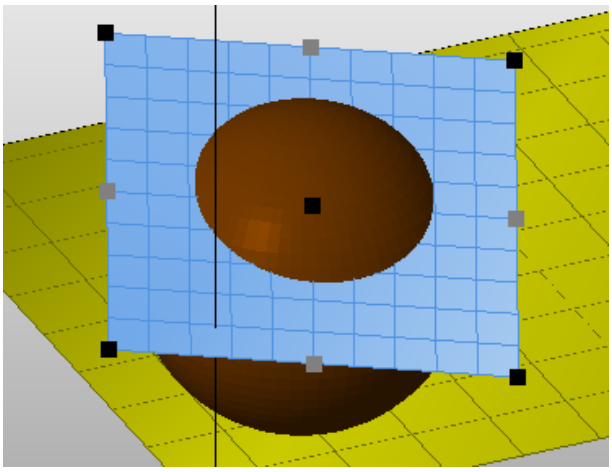


Abbildung 6.27: *Wenn Sie eine Schnittebene mit drei Punkten definieren, werden die ersten zwei Punkte blau eingefärbt. Der dritte ist schwarz und wird zum Zentrum der Schnittebene.*

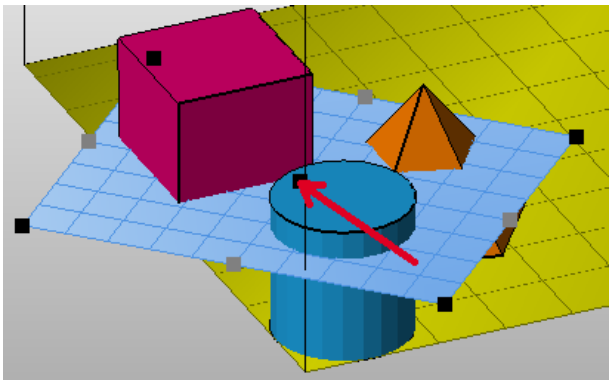


Abbildung 6.28: *Mit dem mittleren Punkt der Ebene kann diese per drag & drop im Raum verschoben werden.*

Linien eingeblendet. Eine davon verläuft vom gewählten Punkt zum Mittelpunkt der Ebene und der andere verläuft entlang der Rotationsachse.
Wenn Sie die Eckpunkte auswählen, wird die Ebene um eine Achse gedreht, die senkrechte zur Ebene verläuft und durch die Mitte der Ebene läuft. Es werden also nur die Eckpunkte und Seitenränder verschoben, ohne dass sich die Ebene selbst verändert. Dies macht besonders dann Sinn, wenn die Ebene danach noch gekippt werden soll (Abbildung 6.29).

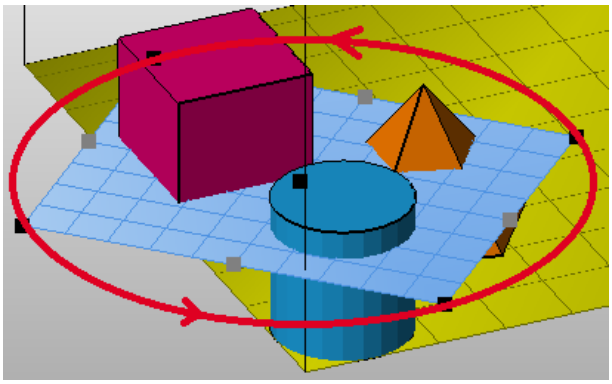


Abbildung 6.29: *Mit den Eckpunkten wird die Ebene um eine senkrechte Rotationsachse gedreht.*

Mit den Punkten in der Mitte der Seitenränder wird die Ebene gekippt. Die Rotationsachse verläuft immer parallel zur angeklickten Seite durch den Mittelpunkt der Ebene. Wenn die Ebene nun an allen Seiten gekippt wird, kann Sie beliebig positioniert werden (Abbildung 6.30).

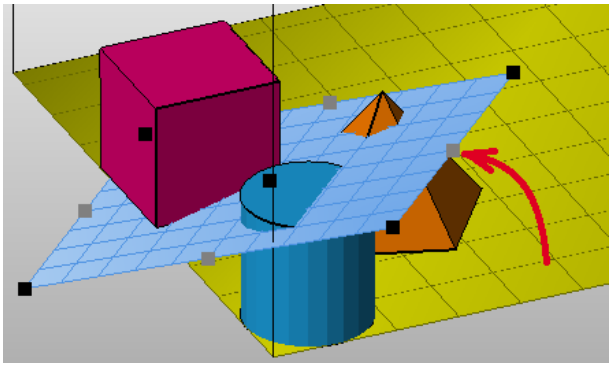


Abbildung 6.30: *Mit den seitlichen Punkten kann die Ebene gekippt werden.*

Da die Ebene auf diese Weise nur in zwei Richtungen direkt gekippt werden kann, ist es oft hilfreich, die Ebene zunächst mithilfe der Eckpunkte in die richtige Position zu bringen. So können Sie sie in die richtige Richtung kippen.

Größe und Proportionen der Schnittebene ändern

Wenn Sie an den Eckpunkten und Seitenrändern die rechte Maustaste benutzen, können Sie die Größe und die Proportionen der Schnittebene ändern. **Vergrößern und**

Verkleinern Sie die Ebene per *drag & drop*. Diese Einstellungen sind nur relevant, wenn die Option "Ebene begrenzen" aktiv ist.

Weitere Optionen zum Versetzen der Schnittebene

Zusätzlich dazu finden Sie weitere Optionen zum Versetzen der Schnittebene, wenn Sie mit der rechten Maustaste auf ein Bauteil klicken. Ein **Kontextmenü** mit den folgenden Optionen öffnet sich:

Mit der Option **Basispunkt hierher verschieben** wird der Mittelpunkt der Ebene an die angeklickte Stelle gesetzt. Die Ebene wird parallel verschoben.

Die Option **Ebene parallel hierher verschieben** ist sehr ähnlich, jedoch wird der Basispunkt nur im rechten Winkel zur Ebene versetzt.

Ebene parallel zu dieser Fläche ausrichten verdreht die Ebene so, dass sie parallel zum angeklickten Dreieck der Bauteiloberfläche liegt. Um Sie tangential anliegend zum angeklickten Dreieck zu versetzen, muss zusätzlich mit einer der ersten beiden Optionen verschoben werden.

Wenn Sie auf eine Kante eines Bauteils klicken, können Sie zudem die **Ebene senkrecht auf diese Kante** stellen. Die Ebene wird gedreht, so dass sie im rechten Winkel auf die angeklickte Kante trifft. Sie wird jedoch nicht an den angeklickten Punkt versetzt. Dazu muss zusätzlich eine der ersten beiden Optionen gewählt werden.

Informationen und Fine-Tuning

Als Alternative zur Positionierung der Ebene im Anzeigebildschirm können Sie auch **genaue Werte** für die Ebene im Tabsheet angeben. So können Sie die Position noch präziser anpassen (Abbildung 6.31).
Der **Basispunkt** ist der Mittelpunkt der Ebene. Sie können die genauen Koordinaten für die X-, Y- und Z-Achse angeben.
Für die Option **Parallel verschieben** können Sie eine Entfernung eingeben und auf "+" und "-" klicken, um die Ebene im rechten Winkel in beide Richtungen verschieben.
Unterhalb können Sie genaue **Winkel einstellen für Rollen, Nicken und Gieren**. Die Winkel können entweder rechts manuell eingegeben oder mit den Schiebereglern angepasst werden.

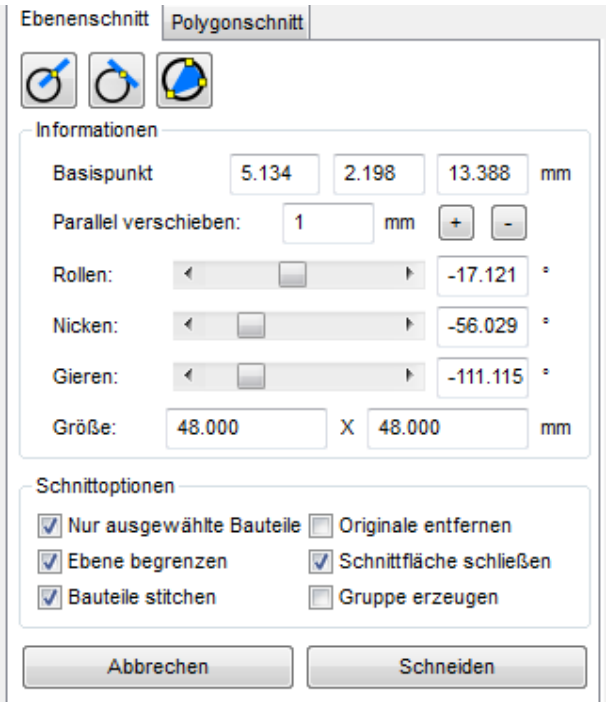


Abbildung 6.31: *Im Tabsheet-Register des Moduls "Freies Schneiden" mit Schnittebene können Sie genaue Werte für die Schnittebene eingeben und Einstellungen für den Schnitt ändern.*

Rollen und Nicken bestimmen den Winkel, wie weit die Ebene gekippt wird. Das Rollen ist dabei das seitliche Kippen und das Nicken ist das Vor- und Zurückkippen. Das Gieren steht für das Rotieren der Ebene um eine vertikale Achse.
Achtung: Mit einem Winkel von 90° beim Gieren werden die Seitenwände gedreht, auch wenn kein Unterschied offensichtlich wird. Daher wären in dem Fall Rollen und Nicken vertauscht.
Zudem kann die **Größe der Ebene** verändert werden. Dabei gibt es Eingabefelder für beide Achsen der Ebene. Der Basispunkt bleibt dabei gleich.

6.5.2 Freies Schneiden mit Polygon

Nach Klick auf das Tabsheet-Register "Polygonschnitt" haben Sie die Möglichkeit, eine Linie auf dem Bildschirm zu ziehen, die dann beim Schneiden durch Ihre Bauteile projiziert wird (Abbildung 6.32).

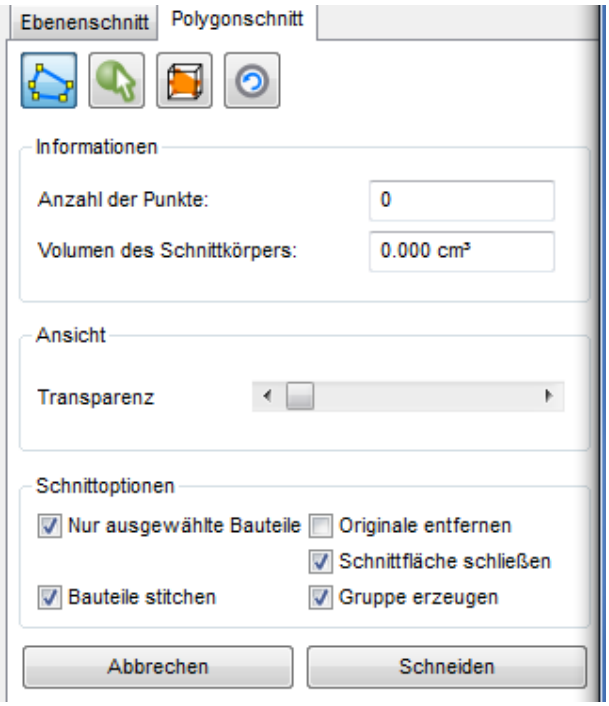


Abbildung 6.32: *Die Tabsheetoptionen für das Freie Schneiden mit Polygon.*

Mit den ersten zwei Symbolen im Tabsheet können Sie den Modus bestimmen. Im ersten Modus wird Ihr Polygon erschaffen und bearbeitet. Klicken Sie mit der linken Maustaste auf den Bildschirm, um Eckpunkte für die Schnittlinie zu setzen. Mit Standardfarbeinstellungen erscheinen die Eckpunkte als gelbe Kästchen. Die Schnittlinie ist blau. Beim Setzen des dritten Eckpunkts wird dieser mit den ersten beiden verbunden, so dass ein Dreieck entsteht. Danach wird jeder neue Punkt mit den Punkten verbunden, zwischen denen die nächste Linie verläuft. Als Vorschau auf den Schnitt wird der Schnittkörper, der ausgeschnitten wird, grau gefärbt. Der Schieberegler im Tabsheet-Bereich "Ansicht" bestimmt die **Transparenz** dieser Vorschau. Indem Sie ihn nach rechts verschieben wird die Vorschau immer durchsichtiger und verschwindet am Ende (Abbildung 6.33, 6.34, 6.35).

Wenn Sie nach dem Setzen der ersten Eckpunkte die Ansicht ändern, können Sie die Vorschau auf den Schnitt aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Die Schnittlinie wird also nicht mit der Ansicht rotiert. Mit dem Symbol **Ansicht zurücksetzen in Schnittrichtung** wird die Perspektive wiederhergestellt, die beim Setzen der ersten Punkte eingestellt war.

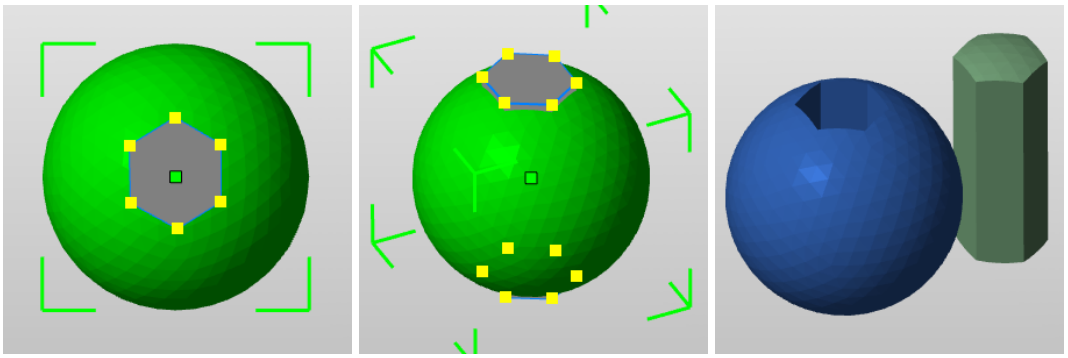


Abbildung 6.33: *Links: Mit der linken Maustaste setzen Sie Eckpunkte für ein Polygon. Mitte: Mit dem Ändern der Ansicht können Sie die Vorschau auf den Schnitt aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten. Rechts: Die zwei aus dem Schnitt entstehenden Bauteile (mit der Option "Schnitt triangulieren").*

Die Form der Schnittlinie kann geändert werden, indem Sie die Eckpunkte per *drag & drop* verschieben. Die Punkte werden dabei immer seitlich zur Schnittrichtung verschoben. Wenn Sie also die Blickrichtung geändert haben, entspricht die Verschiebung der Punkte möglicherweise nicht dem, was man intuitiv erwarten würde. Mit erneutem Ändern der Ansicht mit der rechten Maustaste wird die Art der Verschiebung aber schnell deutlich.
Nach einem Rechtsklick auf einen Eckpunkt des Polygons kann dieser zudem im Kontextmenü entfernt werden.
Wenn Sie auf **Schneiden** klicken, wird die Linie durch Ihre Teile durchgestanzt und das Innere aus dem Äußeren herausgeschnitten. Die Richtung entspricht immer der Ansicht, aus der Sie das Setzen der Schnittpunkte begonnen haben (Abbildung 6.33, 6.34). Das Modul "Freies Schneiden" wird geschlossen.

Mit dem zweiten Symbol im Tabsheet starten Sie den Modus **Bauteile auswählen**. Damit können Sie die Schnittlinie nicht mehr bearbeiten. Dafür stehen Ihnen sämtliche Funktionen des Standardinterface zur Verfügung. Wenn Sie auf Bauteile klicken, werden diese also ausgewählt und können per *drag & drop* verschoben und rotiert werden. Zudem werden die Kontextmenüs des Standardinterface aktiviert.

Mit **Zurücksetzen** wird die Schnittlinie entfernt und Sie können ein neues Polygon setzen. Zudem wird automatisch der Modus "Polygon erzeugen" ak-

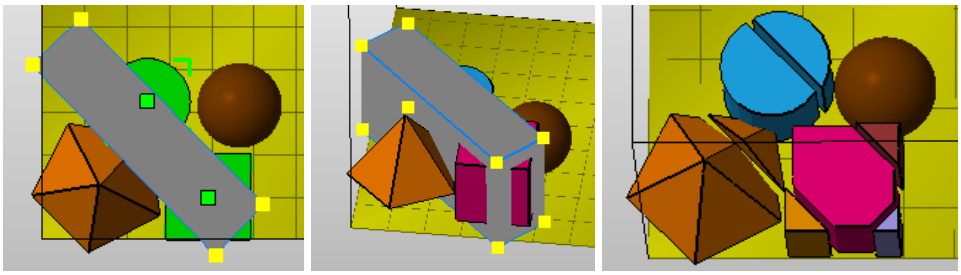


Abbildung 6.34: *Links: Diese Schnittlinie teilt Bauteile in drei Bereiche auf. Mitte: Die Schnittlinie trifft auf viele Teile. Rechts: Mit der Option "nur ausgewählte Bauteile" bleiben der Würfel und der Zylinder unberührt.*

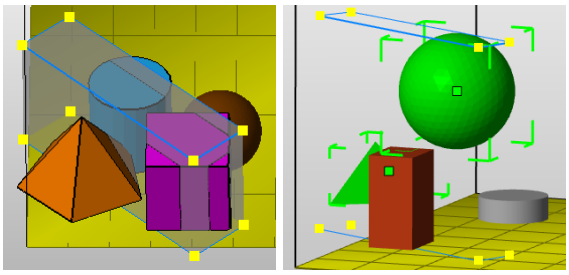


Abbildung 6.35: *Der Schnittkörper aus Abbildung 6.34, links mit mittlerer Transparenz, rechts absolut transparent.*

tiviert.

Darunter können Sie die Toleranz des Abstandes zum Schnitt hinzufügen (Abbildung 6.36). Dies bedeutet, dass zusätzlich ein bestimmter Abstand zwischen den beiden resultierenden Teilen abgeschnitten wird, welcher dann Spielraum dazwischen schafft. Wenn Sie eine Technologie verwenden, bei der die Konturen ein wenig aufquellen, ist dies sehr hilfreich.

Aktivieren Sie den Toleranzabstand mit einem Häkchen und definieren Sie die Dicke. Sie können wählen, ob der Raum nach innen oder nach außen oder auf beiden Seiten der ursprünglichen Schnittlinien hinzugefügt werden soll. Wenn Sie das Häkchen setzen, um runde Ecken zu erstellen, werden die Ecken des Polygons geglättet. Der Wert daneben definiert den Radius dieser Rundung.

In der Registerkarte "Informationen" werden die Anzahl der Punkte des Polygons sowie das Volumen des gesamten Schnittkörpers, der aus Ihren Bauteilen ausgeschnitten wird, angegeben.

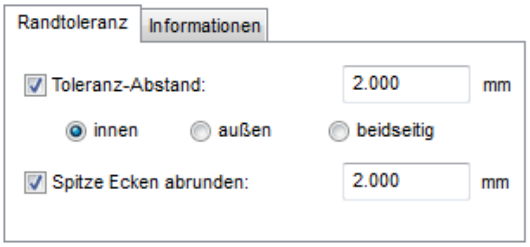


Abbildung 6.36: *Abstand zwischen den Teilen und den abgeschnittenen Teilen definieren und Radius der abgerundeten Ecken setzen.*

Abbildung 6.37: *Die Polygoninformationen.*

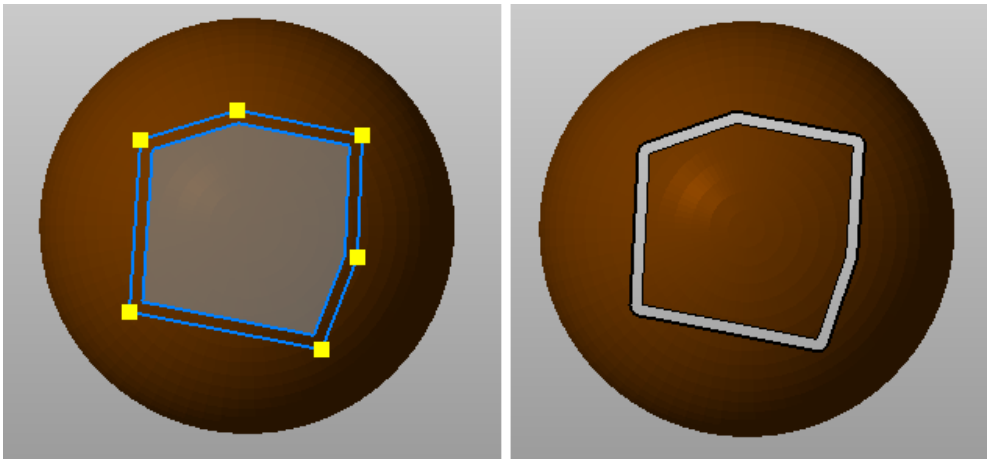


Abbildung 6.38: *Links: Ein Polygon Schnitt mit 6.000 mm Toleranz, Platz auf der Innenseite, und einer 5.000 mm Ecken - Rundung. Rechts: Das geschnittene Teil.*

6.5.3 Schnittoptionen

Im unteren Drittel des beider Tabsheet-Register finden Sie vier Kästchen, die für verschiedene Schnittoptionen stehen. Indem Sie die Kästchen anklicken, aktivieren

und deaktivieren Sie diese Optionen. Aktivierte Optionen sind mit einem Häkchen gekennzeichnet.
Sie können entweder **nur ausgewählte Bauteile oder alle Bauteile**, durch die die Schnittebene oder die gezogene Linie verläuft, schneiden. Die Auswahloptionen sind die selben wie im Standardmodul.
Mit der Option **Bauteile stitchen** werden offene Dreieckskanten verbunden. Diese können manchmal entstehen, wenn die Funktion "Schnitt triangulieren" (siehe unten) aktiv ist und wenn z.B. ein Bauteil Selbstüberschneidungen enthält.
Sie können die **Originalbauteile entweder entfernen oder behalten**. Wenn Sie sie behalten, werden sie nach dem Schnitt versteckt.
Wenn Sie die **Ebene begrenzen**, wird der Schnitt nur bis zur Grenze der Schnittebene durchgeführt. Ohne diese Option, ist die Schnittebene seitlich unendlich weit ausgedehnt. Diese Option ist nur beim Schneiden mit Schnittebene verfügbar.
Wenn Sie den **Schnitt triangulieren**, werden die beim Schnitt entstehenden offenen Stellen mit einer geraden Fläche geschlossen. Wenn nicht, bleiben die Teile offen (Abbildung 6.39).

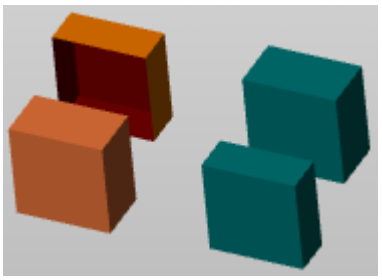


Abbildung 6.39: *Nicht triangulierte und triangulierte Schnitte durch einen Würfel.*

Wenn Sie mit der Option **Gruppe erzeugen** schneiden, werden die geschnittenen Bauteile in eine neue Gruppe im Projektbaum verschoben.
Mit den beiden Schaltflächen unten kann schließlich der **Schnitt durchgeführt** werden ("Schneiden") oder das **Modul wieder verlassen** werden ("Abbrechen"). Wenn Sie schneiden, werden die neuen Bauteile ins Projekt eingefügt und im Projektbaum in einer Gruppe gesammelt. Wenn Sie abbrechen, können Sie jederzeit in das Modul zurückkehren. Die Schnittebene bleibt erhalten.

6.6 Boolsche Operationen

Das Modul Boolsche Operationen erschafft entweder eine Vereinigung mehrerer Bauteile, zieht das Volumen eines Bauteils von einem anderen Bauteil ab oder bildet den Durchschnitt von zwei oder mehreren Bauteilen. Boolsche Operationen können nur mit geschlossenen und korrekt orientierten Dreiecksnetzen durchgeführt werden. Das Ergebnis ist immer ein neues Bauteil.
Um Boolsche Operationen durchzuführen, verschieben Sie zwei oder mehr Bauteile so, dass sie überlappen. Wählen Sie dann alle Bauteile aus, die Sie für die Boolsche Operation benutzen wollen. Starten Sie das Modul über die Symbolleiste, im Extras-Menü oder im Extras-Submenü des Kontextmenüs. Mit dem Modul ist ein **neuer Anzeigebildschirm** verknüpft, in dem nur die ausgewählten Bauteile zu sehen sind. Die Steuerungsoptionen für das Modul befinden sich im **Tabsheet** (Abbildung 6.40). Dort sind die Bauteile in zwei Feldern aufgelistet. Bauteile, die auch nach der Operation noch übrig bleiben sollen, befinden sich im linken Feld und sind im Anzeigebildschirm grün eingefärbt. Bauteile, die bei der Boolschen Operation von anderen abgezogen werden sollen, befinden sich auf der rechten Seite und sind im Anzeigebildschirm rot.
Diese grundlegende Funktion eines Bauteils bei der Boolschen Operation kann getauscht werden, indem Sie einfach auf das Teil im Anzeigebildschirm klicken, oder auf den Namen des Bauteils im Tabsheet und dann auf den Pfeil unter dem jeweiligen Feld klicken. Damit ändert sich die Farbe des Teils und es wechselt in das andere Feld im Tabsheet.
Im Feld **Meldungen** wird das Ergebnis des Tests angegeben, ob die Bauteile, die für die Boolsche Operation ausgewählt wurden, geschlossen und orientiert sind. Dieser Test wird bei jedem Start des Moduls durchgeführt. Wenn eines der ausgewählten Bauteile den Test nicht besteht, können keine Boolschen Operationen durchgeführt werden.
Je nachdem, welche Funktionen den Bauteilen zugeordnet wurde, können drei verschiedene Boolsche Operationen durchgeführt werden: Die Teile können **vereinigt** werden, es kann ein **Durchschnitt aller Bauteile** erstellt werden und rote Teile können von grünen Teilen **abgezogen** werden. Die Operationen sind im Bereich "Aktion" unten im Tabsheet oder im Kontextmenü zu finden, wenn Sie im Anzeigebildschirm rechtsklicken.

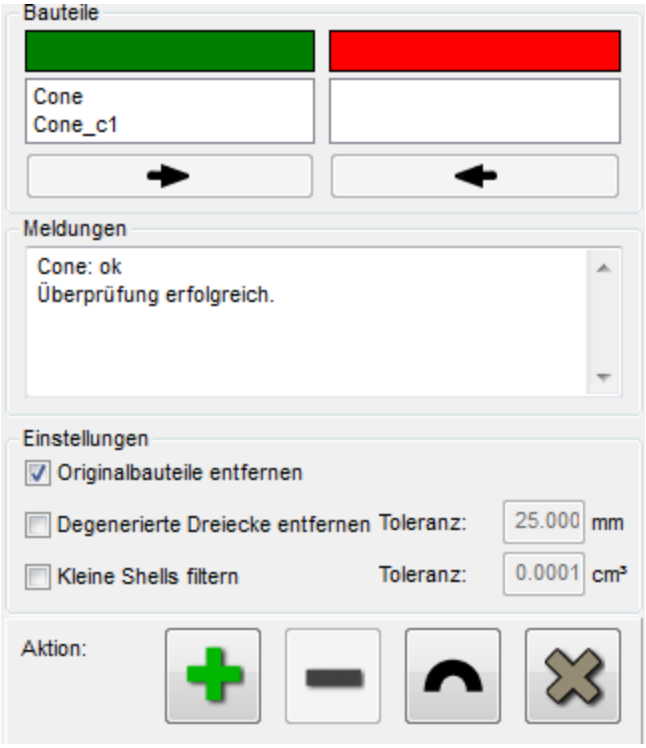


Abbildung 6.40: *Das Tabsheet für die Boolschen Operationen.*

Die Dreiecksnetze der Bauteile werden dabei neu berechnet, so dass ein neues, geschlossenes und orientiertes Bauteil ohne Selbstüberschneidungen entsteht.

Bauteile Vereinigen

Für diese Operation müssen alle Bauteile grün sein und im linken Feld des Tabsheets sein. Es werden alle Teile zu einem einzigen, wobei nur die Außenflächen übrig bleiben. Selbstüberschneidungen und innere Flächen und Dreiecke werden entfernt (Abbildung 6.41).

Durchschnitt erstellen

Für diese Operation müssen alle Bauteile grün sein und im linken Feld des Tabsheets sein. Das neue Teil enthält nur die Schnittmenge, also den gemeinsamen Volumenanteil von zwei oder mehr Bauteilen. Ein Dreiecksnetz wird erstellt, das dieses Volumen umschließt (Abbildung 6.42).

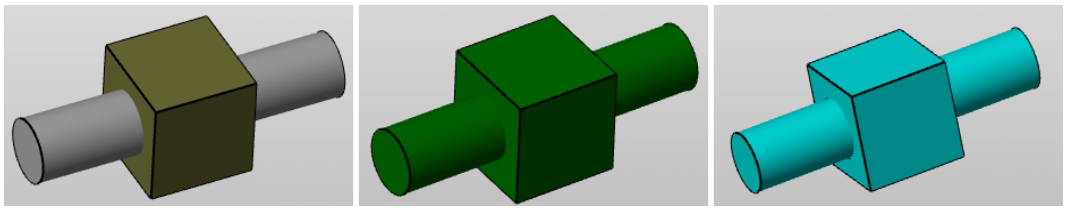


Abbildung 6.41: *Links: Zwei Bauteile vor der Boolschen Operation. Mitte: Eine Vorschau der Vereinigung im Modul Boolsche Operationen. Rechts: Das resultierende Bauteil.*

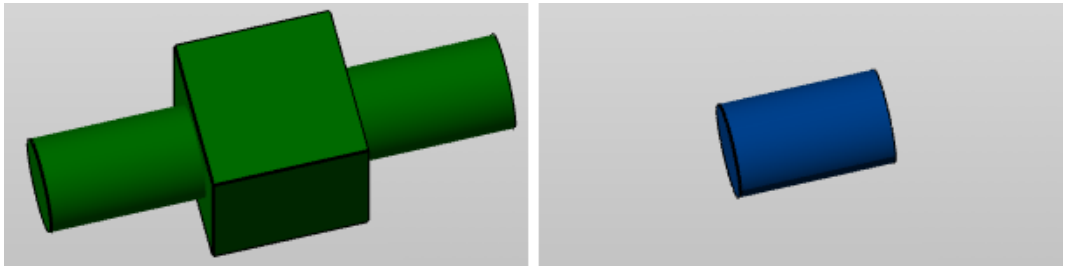


Abbildung 6.42: *Der Durchschnitt eines Würfels und eines Zylinders.*

Bauteile abziehen

Für diese Funktion muss mindestens ein Bauteil rot sein und im rechten Feld des Tabsheets sein. Damit wird eine Vereinigung aller grünen Bauteile erzeugt, von denen der Querschnitt mit roten Bauteilen abgezogen wird. Das heißt, der gemeinsame Volumenanteil mit roten Teilen ist also nicht Bestandteil des neuen Bauteils (Abbildung 6.43).

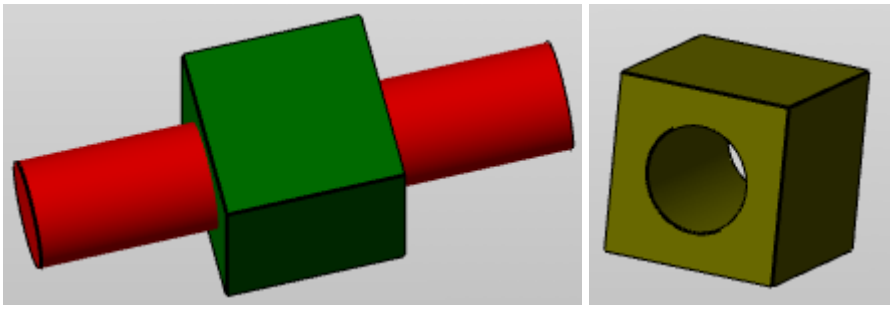


Abbildung 6.43: *Rote Teile werden von den grünen Teilen abgezogen.*

Einstellungen

Wenn das Kästchen **Originalbauteile entfernen** aktiviert ist und die Boolsche Operation angewandt wird, werden die Originale aus dem Projekt gelöscht. Wenn nicht, stehen Ihnen sowohl die Originalbauteile als auch das neue Bauteil weiter zur Verfügung.
Nach der Neutriangulierung werden mit **Degenerierte Dreiecke entfernen** alle Dreiecke des neuen Bauteils entfernt, die keine oder nur eine minimale Fläche haben. Diese Dreiecke sind im Normalfall unnötig und können störend sein. Mit der Toleranz können Sie die maximale Höhe der Dreiecke einstellen, die gelöscht werden.
Mit der Option **Kleine Shells filtern** werden winzige Shells gelöscht, die bei der Boolschen Operation entstehen. Diese können bei Durchschnittsbildungen und Subtraktionen vorkommen, z.B. bei fast parallelen Flächen. Die Toleranz bestimmt das Maximalvolumen der gelöschten Shells.

Boolsche Operationen anwenden

Nachdem Sie eine der drei Operationen durchgeführt haben, können Sie die Berechnung entweder **anwenden, zurücksetzen oder die Boolschen Operationen abbrechen** (Abbildung 6.44). Um das neue Bauteil ins Projekt einzufügen, klicken Sie auf den grünen Haken. Wenn Sie doch eine andere Operation berechnen wollen, klicken Sie auf den orangen kreisförmigen Pfeil.

Abbildung 6.44: *Mit diesen Schaltflächen können Sie die Boolsche Operation anwenden, zurücksetzen oder abbrechen.*

6.7 Beschriftung / Labeling

Mit Hilfe des Beschriftungsmoduls können Sie Texte oder Bilder leicht und schnell auf Bauteilen platzieren. Um zu beginnen, wählen Sie das Teil aus und klicken auf **neuer Beschriftungstext**. Die Funktion **neuer Beschriftungstext**

steht Ihnen in der Symbolleiste und im Kontextmenü oder in der Werkzeugleiste unter Extras zur Verfügung. Im Dropdown-Menü können Sie dann zwischen **neuer Beschriftungstext (flach)** und **neues Bildelement** wählen.

Neuer Beschriftungstext

Wählen Sie **neuer Beschriftungstext (flach)**, um einen Text oder Zahlen mit Ihrem Teil zu verschmelzen. Bei dem Kennzeichnen Modul sehen Sie, dass die Ansicht in dem Projektbaum sich verändert hat. Mit einem Rechtsklick auf das Label (zuerst <leer> benannt) erscheint ein Menü, wo Sie die Kennzeichnung entfernen können, eine neue erstellen oder duplizieren können. Wenn Sie Ihrem Teil mehr als ein Label geben möchten, können Sie einen neuen Text über diesem Menü starten (Abbildung 6.45).

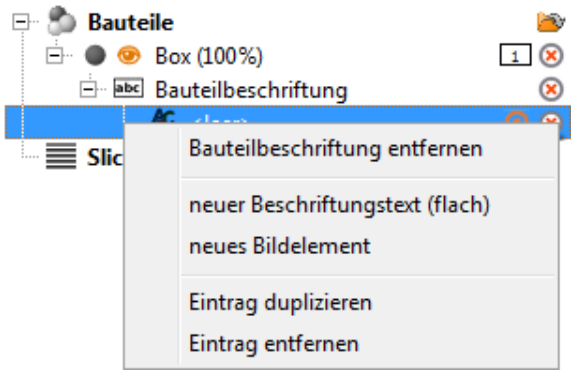


Abbildung 6.45: *Der Projektbaum des Label Moduls. Im Kontextmenü Mengenveränderungen vornehmen.*

Um einen Text einzugeben klicken Sie auf das weiße Feld "Beschriftung" im Tabsheet (Abbildung 6.46). Buchstaben, Zahlen und Sonderzeichen sind ebenfalls möglich. Klicken Sie nun auf das Modell, um den Text auf dem Teil zu sehen (Abbildung 6.47).
Im Tabsheet können Sie die Schriftart mit dem Button mit den drei Punkten "..." ändern, die **Höhe**, **Breite** und **Tiefe** anpassen. Es ist auch möglich die Höhe und Breite durch Ziehen der blauen Umrisse des Labels mit der Maus anzupassen. Drehen Sie das Teil mit den kleinen grauen Kästchen an den Ecken des Labels. Dann ändern Sie die Variante: Additive Label ragen aus dem Modell heraus und Subtraktive Label

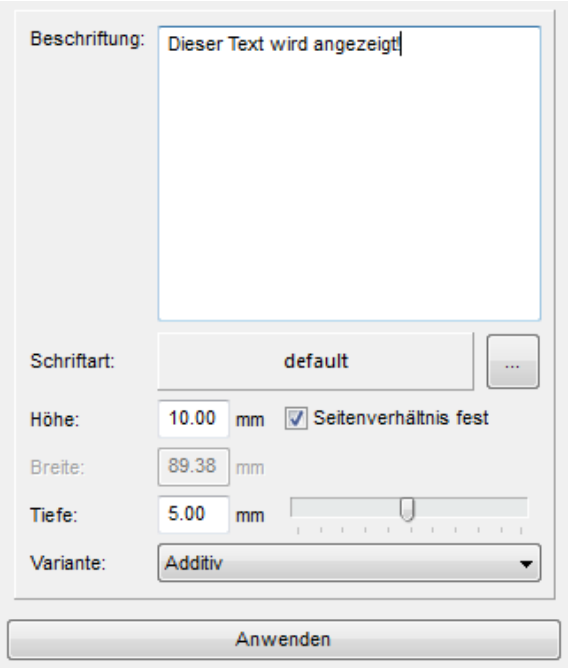


Abbildung 6.46: *Geben Sie den Beschriftungstext in das Feld Beschriftung ein und stellen Sie die folgenden Parameter ein.*

werden von dem Teil abgezogen, also eingraviert. Sie können auch invertierte Texte verwenden, die nützlich für die Erstellung von Formen sind, wie zum Beispiel in Abbildung 6.48. Klicken Sie auf Anwenden, um das Teil endgültig zu labeln.

Image labeling

Mit einem Klick auf das weiße Feld, das mit **<kein Bild>** benannt ist im Tabsheet, können Sie ein Bild auswählen (Abbildung 6.49). Netfabb kann BMP-, PNG- und JPEG - Dateien lesen - sie funktionieren am Besten, wenn die Bilder schwarz/weiß sind. Wenn es Grau-oder Farbbilder sind können sie den Grauwert mit der Schwellenwertleiste unten ändern. Klicken Sie nun auf das Modell, um das Bild auf dem Teil zu sehen (Abbildung 6.50).
Im Tabsheet können sie die **Höhe**, **Breite** und **Tiefe** des Bildes definieren. Es ist auch möglich die Höhe und Breite durch Ziehen der blauen Umrisse des Labels mit der Maus anzupassen. Drehen Sie das Teil mit den kleinen grauen Kästchen an den Ecken des Labels. Dann ändern Sie die Variante: **Additive Label** ragen aus dem Modell

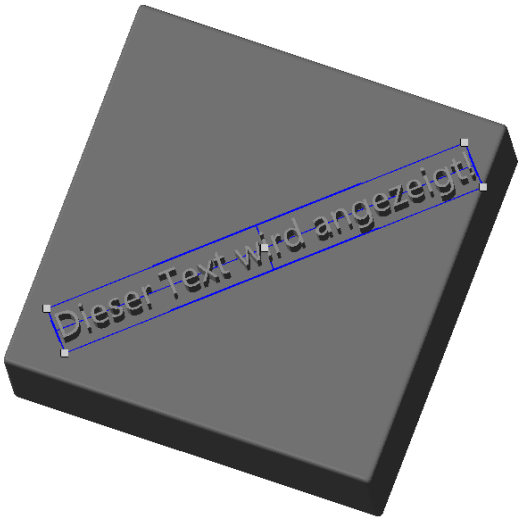


Abbildung 6.47: *Die Vorschau des Labels: Ändern Sie die Größe durch Ziehen an den blauen Umrissen, zum Drehen ziehen Sie an den grauen Kästchen an den Ecken des Labels.*

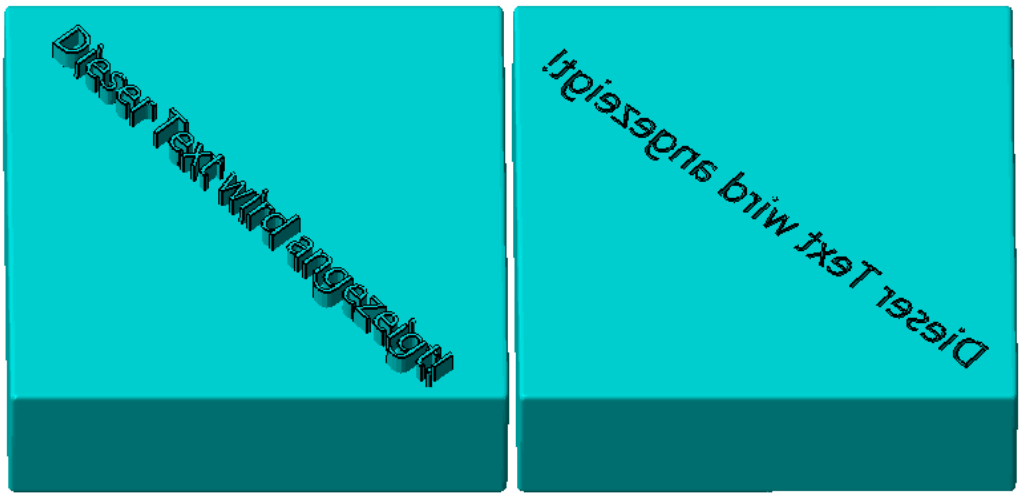


Abbildung 6.48: *Links: ein additives Label. Rechts: ein bearbeitetes, substraktives und invertiertes Label*

heraus und **Subtraktive Label** werden von dem Teil abgezogen, also eingraviert. Sie können auch **invertierte Texte verwenden**, die nützlich für die Erstellung von Formen sind, wie in der Abbildung 6.51. Klicken Sie auf **Anwenden**, um das Teil

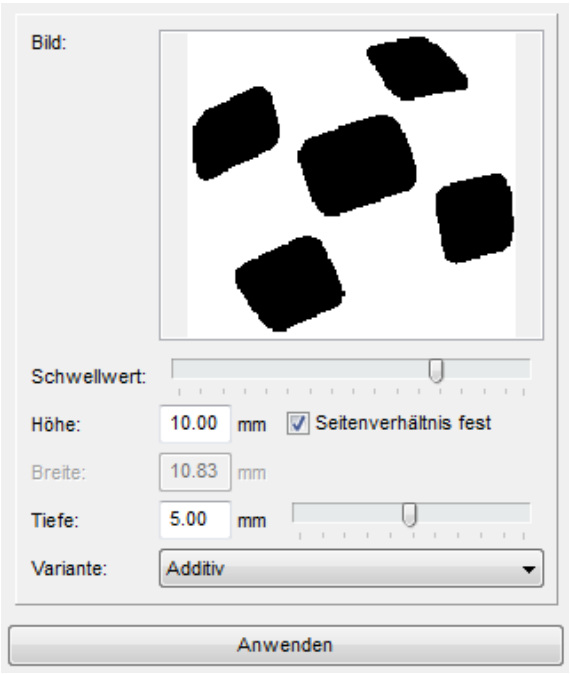


Abbildung 6.49: *Wählen Sie ein Bild aus indem Sie auf <kein Bild> klicken und stellen Sie die Graustufenschwelle ein.*

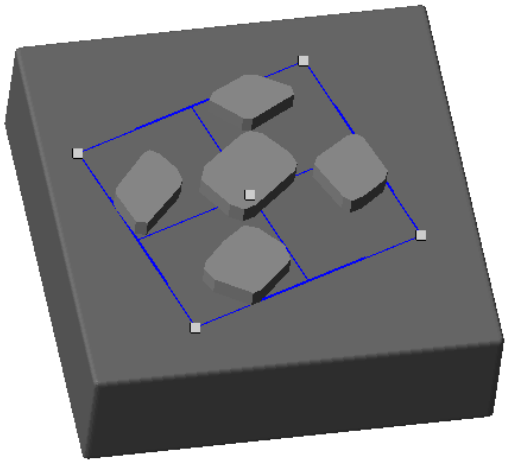


Abbildung 6.50: *Die Vorschau des Labels. Ändern Sie die Größe durch Ziehen an den blauen Umrissen, zum Drehen ziehen Sie an den grauen Kästchen an den Ecken des Labels.*

endgültig zu labeln.

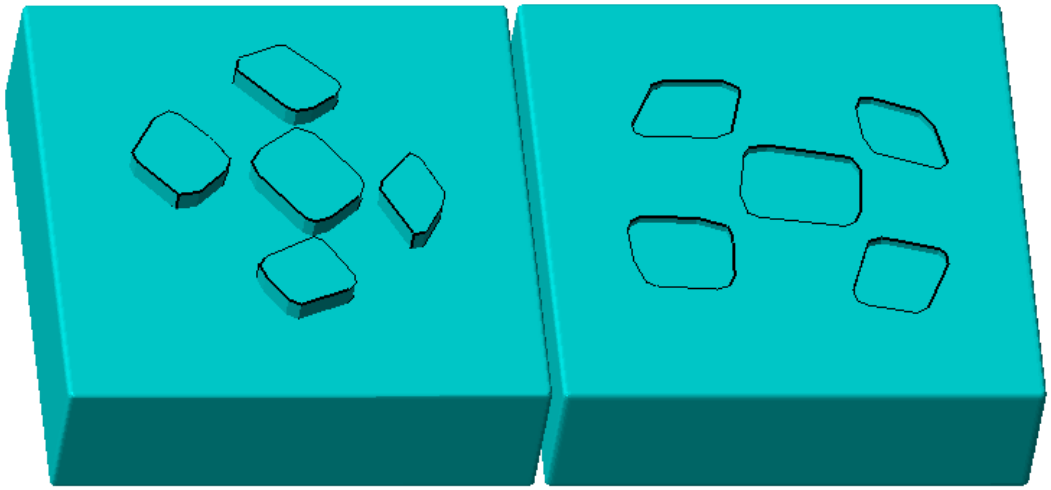


Abbildung 6.51: *Links: ein additives Label. Rechts: substraktives und invertiertes Label.*

6.8 Dreiecksreduktion

Diese Funktion ist über die Menüleiste Extra verfügbar oder über Extras im Kontextmenü. Sie ist auch in einer reduzierten Version im Reparaturmodeus vorhanden (siehe 7.7.2). In der Dreiecksreduktion vereint netfabb kleine zu großen Dreiecken, wodurch Dateigröße reduziert und der Arbeitsablauf beschleunigt wird.
Wenn Sie die Funktion starten, erscheinen rechts unter dem Projektaum die drei neuen Registerkarten "Drecksreduzierung", "Glätten" und "Remesh". Bleiben Sie in der Dreiecksreduktion. Dort können Sie oben die Anzahl der Dreicke und, sobald Sie Änderungen vorgenommen haben, die Anzahl der redzuierten Dreiecke sehen.
In den Einstellungen unten reduzieren Sie die Anzahl der Dreiecke, indem Sie den Ziel-Regler nach links schieben bzw. einen exakten Wert im Feld daneben eintragen. Um eine Verformung zu vermeiden, kann über den Regler zur maximalen Abweichung die maximal zulässigen Änderungen der Oberfläche eingestellt werden. Die maximale Kantenlänge bestimmt die Länge der neu entstehenden Kanten. Bitte beachten Sie, dass falsche Einstellungen, zum Beispiel extrem hohe Werte, zu unbefriedigenden Ergebnissen, wie starke Verzerrungen oder Selbstüberschneidungen,

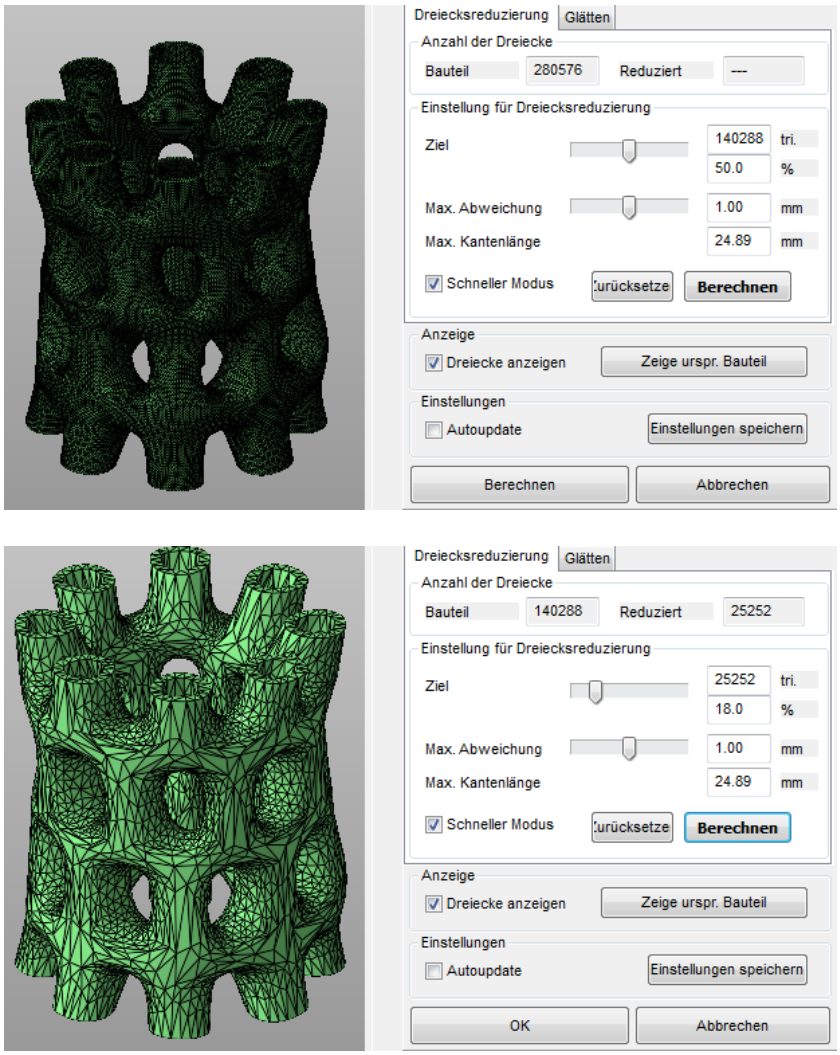


Abbildung 6.52: *Oben: das originale Dreiecksnetz, Unten: reduzierte Dreiecke*

führen. Im "Schnellen Modus" passieren die Berechnungen zwar weniger genau, dafür um einiges zügiger. Eine Vorschau der Berechnung wird durch einen Klick auf **Berechnen** angezeigt, zurück zum Original gelangen sie durch **Zurücksetzen**.
In den Anzeigeoptionen können Sie die Dreiecke sichtbar machen **(Dreiecke anzeigen)**. Wenn Sie den Button **Zeige urspr. Bauteil** gedrückt halten, wird die Triangulation so angezeigt, wie sie im Original war. Mit einem Haken bei den Einstellungen **Autoupdate**, werden alle Änderungen, die Sie vorgenommen haben, sofort angezeigt. Dies ist sehr nützlich für die Überprüfung des Meshes bei jeder Änderung, kann aber zu langen Berechnungszeiten bei der Arbeit mit komplizierten Daten füh-

ren. Wenn Sie die selben Einstellungen für Ihre anderen Modelle verwenden möchten klicken Sie auf **Einstellungen speichern**, um sie auch später zur Verfügung zu haben. Bestätigen Sie Ihre Berechnungen mit **OK**.

6.9 Bauteil glätten

Diese Funktion glättet raue Oberflächen und rundet scharfe Kanten ab, zu finden im Extras-Menü oder im Kontextmenü nach einem Rechtsklick auf das Bauteil unter Extras, oder in reduzierter Version im Reparaturmodus (Siehe 7.7.3).
Wenn Sie die Funktion starten, erscheint rechts unter dem Projektbaum die neue Registerkarte **Glättung**. Dort kann die Stärke der Glättung eingestellt werden. Eine Iteration bedeutet, wie oft Sie den Glättungprozess wiederholen möchten und legen somit den Grad der Glättung fest. Mit jeder Iteration, findet der folgende Prozess statt: Für jeden Eckpunkt des Dreiecksnetz wird die durchschnittliche Position der benachbarten Eckpunkte berechnet. Die Position des ersten Eckpunktes wird dann zu diesem Mittelwert eingestellt. Oberflächen werden glatter und Ecken und scharfe Kanten von den Objekten werden runder und nach innen gezogen.
Schrumpfen verhindern: Das Bauteil wird zwar umgeformt, aber das Volumen wird dadurch nicht kleiner. **Unabhängig von Triangulation**: Die Glättung passiert nicht auf der Grundlage des Dreiecksnetzes, sondern auf der tatsächlichen Form. Auf diese Weise wird das Bauteil kaum verformt. Auffallende Kanten werden beibehalten, weniger markante Oberflächen wie gewöhnlich werden geglättet. Um ein regelmäßiges Dreiecksnetz zu haben und um die Glättung zu verbessern, können Sie das Netz verfeinern und die max. Kantenlänge reduzieren. Für eine Vorschau der Glättung, klicken Sie auf den Button **Berechnen** und wenn Sie die Einstellungen auf den Urspung haben möchten klicken Sie auf **Zurücksetzen**.
In den Anzeigeoptionen können Sie die Dreiecke sichtbar machen **(Dreiecke anzeigen)**. Wenn Sie den Button **Zeige urspr. Bauteil** gedrückt halten, wird die Triangulation so angezeigt, wie sie im Original war. Mit einem Haken bei den Einstellungen **Autoupdate**, werden alle Änderungen, die Sie vorgenommen haben, sofort angezeigt. Dies ist sehr nützlich für die Überprüfung des Meshes bei jeder Änderung, kann aber zu langen Berechnungszeiten bei der Arbeit mit komplizierten Daten führen. Wenn Sie die selben Einstellungen für Ihre anderen Modelle verwenden möchten klicken Sie auf **Einstellungen speichern**, um sie auch später zur Verfügung zu ha-

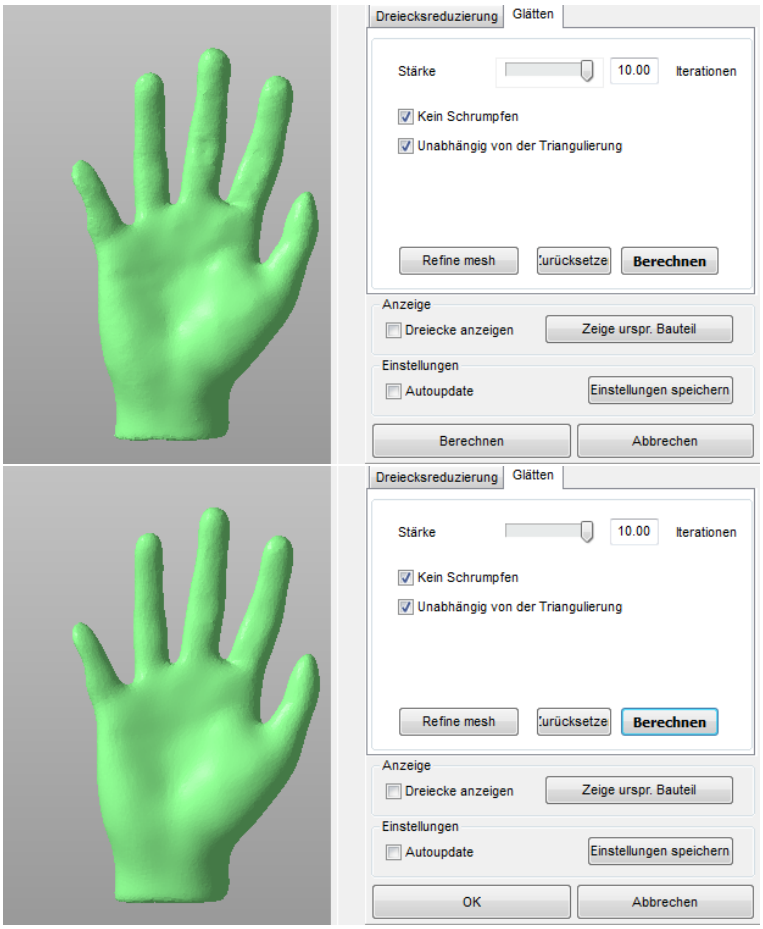


Abbildung 6.53: *Oben: das Ausgangsnetz, Unten: das geglättete Bauteil*

ben. Bestätigen Sie Ihre Berechnungen mit **OK**.

6.10 Remesh

Es gibt Bauteile, die ein besonders unregelmäßiges Dreiecksnetz aufweisen. Dies ist häufig bei Scans und organischen Bauteil so. Mit der netfabb Funktion Remesh (im Extras-Menü) können Sie das Netz neu berechnen lassen und ihm somit eine gleichmäßigere Form geben. Wählen Sie zunächst die Auflösung, die das Netz haben soll (figure 6.54). Je niedriger dieser Wert ist, desto ähnlicher wird das Ergebnis dem Originalteil sein und desto feiner wird das Netz der Dreiecke. Je größer der Wert wird, desto grober die Oberfläche (figure 6.55).

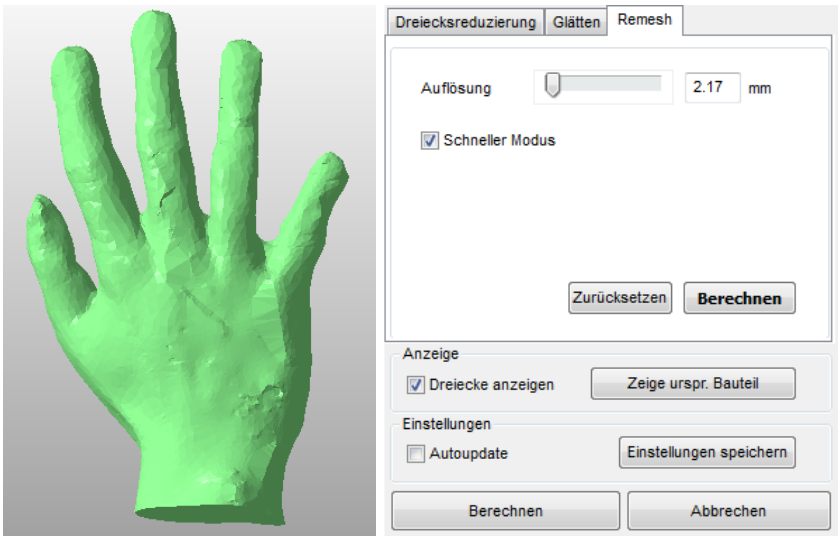


Abbildung 6.54: *Ist die Qualität des Netzes unbefriedigend, vor allem bei organischen Formen oder Scans, vernetzten Sie das Modell neu im Remesh: Je höher die Auflösung, desto stärker werden die Unregelmäßigkeiten geebnet.*

In den Anzeigeoptionen können Sie die Dreiecke sichtbar machen **(Dreiecke anzeigen)**. Wenn Sie den Button **Zeige urspr. Bauteil** gedrückt halten, wird die Triangulation so angezeigt, wie sie im Original war. Mit einem Haken bei den Einstellungen **Autoupdate**, werden alle Änderungen, die Sie vorgenommen haben, sofort angezeigt. Dies ist sehr nützlich für die Überprüfung des Meshes bei jeder Änderung, kann aber zu langen Berechnungszeiten bei der Arbeit mit komplizierten Daten führen. Wenn Sie die selben Einstellungen für Ihre anderen Modelle verwenden möchten klicken Sie auf **Einstellungen speichern**, um sie auch später zur Verfügung zu haben. Bestätigen Sie Ihre Berechnungen mit **OK**.

6.11 Vergleiche zwei Bauteile

Die Funktion "Vergleiche 2 Bauteile" ist in der Menüleiste Extras verfügbar oder mit dem Button "Behalten und Vergleichen" in dem Dialogfenster, das erscheint, nachdem Sie eine Reparatur vorgenommen haben (siehe Kapitel **??**). In diesem Feature können Sie zwei ähnliche Modelle miteinander vergleichen und herausfinden, ob die Abweichungen innerhalb einer bestimmten Toleranz liegen. Diese werden in

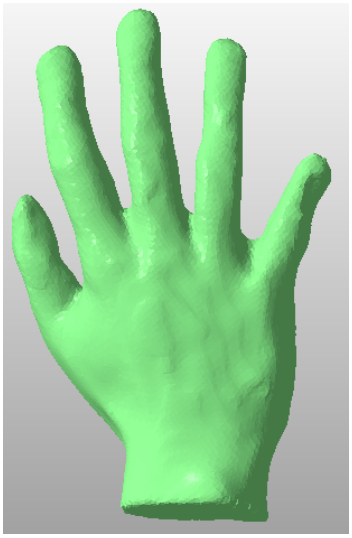


Abbildung 6.55: *Der Scan nach einem Remesh von 0,95 mm (Schneller Modus deaktiviert) mit einer verbesserten Oberflächenqualität.*

Form von Farben und Zahlen sichtbar gemacht.
Wählen Sie zunächst zwei Bauteile aus, die Sie vergleichen möchten. Sie müssen sich auf der exakt selben geometrischen Position in netfabb befinden (figure 6.56). Der einfachste Weg dies zu tun ist, beide zu Ihrem Ursprung zu bewegen (see chapter **??**) oder das Originalteil nach einer Bearbeitung oder Reparatur zu behalten (see chapter **??**).

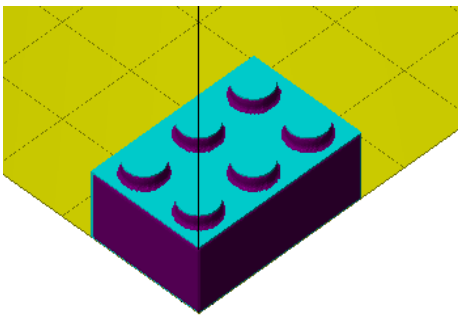


Abbildung 6.56: *Bauteile, die verglichen werden sollen, müssen die gleiche Position haben, so wie dieser Abbildung: Das ursprüngliche blaue Teil und das geänderte lilafarbene.*

Wenn Sie die Vergleichsfunktion wählen, öffnet sich ein Dialogfenster, in dem Sie

wählen können, welche Teile Sie analysieren möchten. Wenn Sie vorab zwei Teile ausgewählt haben, sind diese in dem Dialog vorgewählt. Entscheiden Sie, welches Teil Sie untersuchen möchten: Das Vergleichsbauteil ist in der Regel das neue, veränderte Modell (figure 6.57).

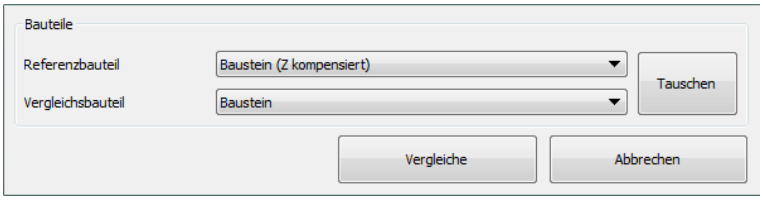


Abbildung 6.57: *Im Vergleichsmodus: Wählen Sie aus, welches Modell auf Veränderungen überprüft werden soll. Die Unterschiede werden am Vergleichsbauteil sichtbar.*

Das Vergleichsbauteil wird grün / blau angezeigt. Blau / Rot markierte Bereiche haben einen vergleichbaren großen Abstand zu den jeweiligen Bereichen des anderen Bauteils: Dort sind die größten Unterschiede (figure 6.59). In der Registerkarte werden die genauen Zahlen der Unterschiede verzeichnet: von minimalen, durchschnittlichen und maximalen Abständen können Sie ablesen, ob die Änderungen innerhalb Ihrer Toleranzgrenzen sind (figure 6.61).
Zur Visualisierung können Sie wählen ab welchem Schwellenwert die Bereiche rot / blau markiert werden sollen: Sie können festlegen, welche Unterschiede für Sie akzeptabel sind und markieren nur rot / blau, was über diesem Wert liegt (figure 6.58). In der Darstellung können Sie auswählen, ob ein **Farbverlauf** angezeigt werden soll und ob das **Dreiecksnetz** sichtbar ist. Außerdem können die **Kanten**, an denen der Abstand zum ursprünglichen Bauteil am auffälligsten ist, markiert und das Bauteil **transparent** anzeigen werden, um eine bessere Sicht auf die Innenflächen zu bekommen. In der Tabelle der zweiten Registerkarte **Histogramm** ist aufgeführt, wie viele Bereiche eines Bauteils einen bestimmten Abstand zum Originalteil haben. Ein Balken steht für den Abstand und die Höhe zeigt wie oft dieser Abstand auftritt.

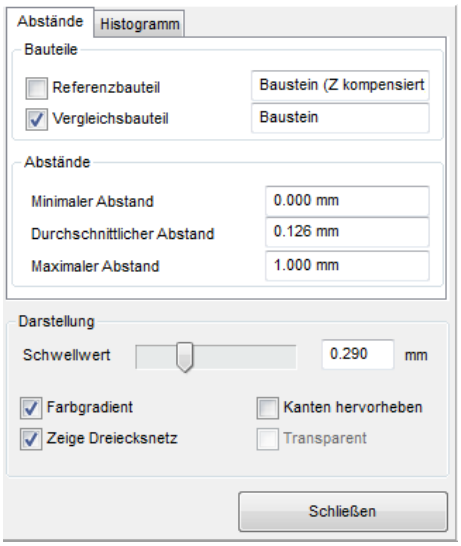


Abbildung 6.58: *In dieser Registerkarte sehen Sie den minimalen, durchschnittlichen und maximalen Abstand und ob die Unterschiede Ihrer Toleranzgrenze entspricht.*

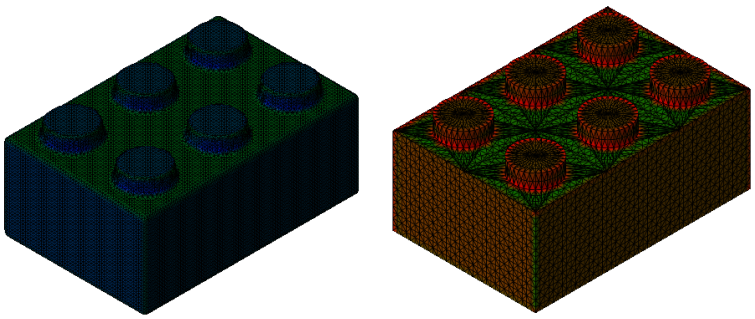


Abbildung 6.59: *Links: Die wichtigsten Unterschiede sind auf dem Vergleichsbauteil blau markiert. Rechts: Auf dem Referenzteil sind diese rot markiert.*

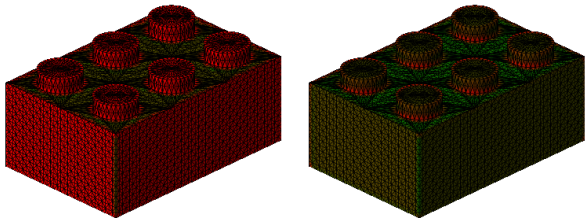


Abbildung 6.60: *Links. Ein sehr niedriger Wert wurde als Schwellenwert festgelegt. Rechts: Bei einem höheren Schwellenwert bleiben die geringeren Unterschiede grün und sind somit als akzeptabel markiert.*

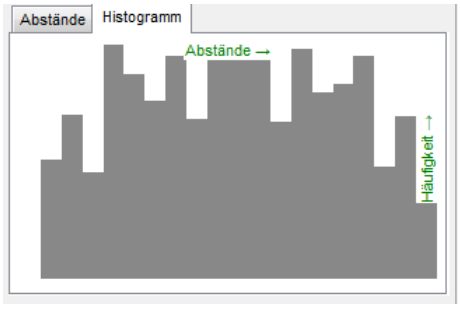


Abbildung 6.61: *Das Balkendiagramm visualisiert, wie oft ein spezifischer Grad der Veränderung in den beiden Bauteilen auftritt.*

Kapitel 7

Bauteilreparatur

7.1 Das Reparaturmodul

Wenn ein Bauteil im Projekt fehlerhaft und im derzeitigen Zustand nicht für den 3D-Druck geeignet ist, wird ein großes Warnsignal in Form eines Warndreiecks rechts unten im Bildschirm eingeblendet (Abbildung 7.1). Ein kleines Warnsignal befindet sich neben dem Namen des betreffenden Bauteils im Projektbaum. Bevor diese beschädigten Teile gebaut werden können müssen sie im Reparaturmodul repariert werden.

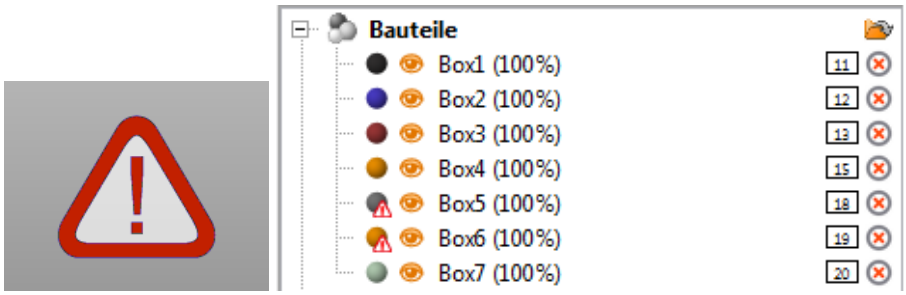


Abbildung 7.1: *Links: Dieses Warndreieck unten rechts im Bildschirm weist darauf hin dass ein Bauteil oder mehrere Bauteile im Projekt beschädigt sind. Rechts: Die Warnsignale im Projektbaum zeigen, dass die Bauteile 3 und 4 beschädigt sind.*

Der schnellste Weg, um ein oder mehrere Teile zu reaprieren ist, sie auszuwählen und auf das in der Registerkarte untere rechte Symbol Automatische Reparatur klicken. Es öffnet sich ein Dialogfenster, in dem Sie zwischen drei vor-

definierten Reperaturmodi wählen können (Vergleichen Sie Kapitel **??** für weitere Informationen zu diesen Skripten.). Sie können entweder die vordefinierten Modi auswählen oder Ihre eigenen definieren (z. B. mit einer automatischen Skalierung oder Benennung der Teile - Siehe Kapitel**??**). Auf diese Weise können sie Ihre Prozesse automatisieren und beschleunigen.

Manche Bauteile müssen auch manuell oder halbautomatisch repariert werden. Wählen Sie ein beschädigtes Bauteil aus und öffnen Sie dieses Modul durch einen Klick auf das Reparatur-Icon mit dem roten Kreuz in der Symbolleiste oder durch die Option "Bauteil reparieren" im Extras-Submenü des Kontextmenüs oder im Extras-Menü in der Menüleiste. Der Anzeigebildschirm wird dann vom **Reparaturbildschirm** ersetzt. Dieser enthält nur das ausgewählte Teil. Im Tabsheet stehen Ihnen vier Register zur Verfügung: Status, Aktionen, Reparaturskripte und Shells. In der Menüleiste erscheinen die Menüs Reparatur und Meshbearbeitung. Im Projektbaum wird die Reparatur als untergeordnetes Element des Bauteils eingefügt. Sie können nach dem Durchführen anderer Operationen jederzeit in die Reparatur zurückkehren, indem Sie sie im Projektbaum anklicken. Per *drag & drop* im Projektbaum können Sie sogar andere Bauteile in die Reparatur schieben und mehrere Teile gleichzeitig im Reparaturmodul bearbeiten.
Mit dem Reparaturmodul können Bauteile automatisch, halbautomatisch oder manuell repariert werden. Sie können invertierte Dreiecke drehen, Löcher schließen, Selbstüberschneidungen entfernen, Lücken stitchen oder doppelte und winzige Dreiecke entfernen. Weitere Funktionen zum Bearbeiten des Dreiecksnetzes sind das Extrudieren von Dreiecken oder größeren Bereichen, das Schneiden von Flächen und das Verfeinern und Glätten des Dreiecksnetzes.
Im **Status-Register** des Tabsheets finden Sie Statistiken, die Sie über den Zustand des Bauteils informieren. Sie beinhalten die Anzahl von Dreieckskanten, Grenzkanten, Dreiecken, falsch orientieren Dreiecken, Shells und Löchern. Nach jedem Arbeitsschritt können Sie nun die Statistiken mit dem darunterliegenden Knopf aktualisieren. Wenn sie das Kästchen "Auto-Update" anklicken, werden die Statistiken durchgehend geprüft und aktualisiert (Abbildungen 7.2).
Nach erfolgreicher Reparatur des Bauteils, können Sie es in das Projekt einfügen, indem Sie entweder den Knopf **Anwenden** im Tabsheet anklicken, auf das grüne Häkchen neben der Reparatur im Projektbaum doppelklicken oder im Kontextmenü nach Rechtsklick auf die Reparatur die Option "Reparatur anwenden" wählen. Auf

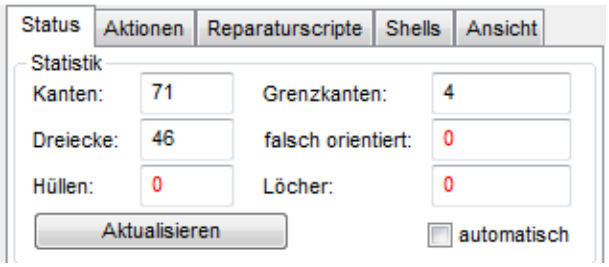


Abbildung 7.2: *Im Tabsheet finden Sie Informationen über die Eigenschaften sowie über Beschädigungen des Bauteils.*

Nachfrage können Sie das Originalbauteil entweder behalten und das reparierte Teil als zusätzliches Teil hinzufügen oder Sie können das Originalbauteil ersetzen.

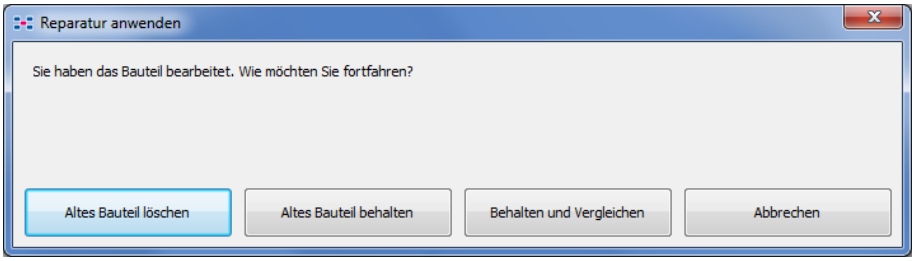


Abbildung 7.3: *Übernehmen Sie die Reparatur und wählen Sie ob Sie das alte Bauteil löschen wollen oder nicht - Das reparierte Teil wird dann in die Plattform kopiert. Sie können auch die beiden Modelle vergleichen (Siehe Kapitel 6.11).*

Mit dem Rückgängig-Button (in der Menüleiste unter Bearbeiten) können Sie die verschiedenen Funktionen die Sie zuvor gemacht haben rückgänig machen. Mit dem Wiederherstellen-Button stellen Sie das rückgänig gemachte wieder her.

Reparaturfunktionen finden Sie im Tabsheet, in den Menüs Reparatur und Meshbearbeitung in der Menüleiste sowie in Kontextmenüs, jeweils abhängig davon, wohin im Bildschirm Sie rechtsklicken.

7.2 Ansichtsoptionen in der Reparatur

Die Ansichtsoptionen sind denen des Standardmoduls sehr ähnlich (Kapitel 4). Die Perspektiveneinstellungen und Zoomeinstellungen mit der Maus sind identisch.

7.2.1 Zoom und Visualisierung

Da sich im Reparaturmodul nur ein Bauteil befindet, werden die Standardoptionen für den Zoom ersetzt:

Zoom auf Bauteil: Das Bauteil wird im Bildschirm zentriert. Der Zoom wird so eingestellt, dass das Bauteil genau in den Rahmen des Anzeigebildschirms passt.

Zoom auf ausgewählte Dreiecke: Die ausgewählten Dreiecke (siehe Kapitel 7.3) werden im Bildschirm zentriert. Der Zoom wird so eingestellt, dass alle ausgewählten Dreiecke genau in den Rahmen des Anzeigebildschirms passen.

Zoom auf Auswahl: Mit diesem Modus können Sie mit dem linken Mausknopf ein Auswahlrechteck ziehen. Der Anzeigebildschirm zoomt dann auf dieses Rechteck.

Visualisierung

Indem Sie die entsprechenden Kästchen im "Status"-Register anklicken, können Sie Lochkanten mit einer gelben Linie hervorheben, degenerierte Dreiecke orange anzeigen, das Dreiecksnetz visualisieren und Fehler mit verstärkten Linien hervorheben. Sie können auch Fehler hervorheben, indem Sie die H-Taste gedrückt halten (Abbildung 7.4).

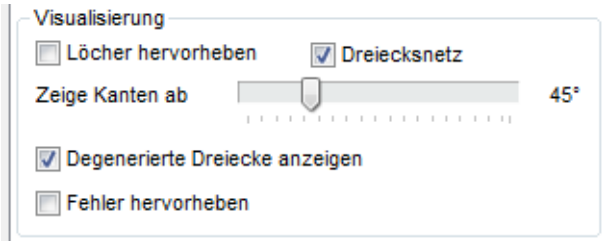


Abbildung 7.4: *Einstellungen zur Visualisierung im Tabsheet*

Dazwischen befindet sich ein Schieberegler, mit dem Sie Dreieckskanten, deren Winkel einen bestimmten Wert überschreiten, visualisieren können. 0° steht hier für zwei Dreiecke, die flach aneinander liegen, so dass mit dieser Einstellung alle nicht absolut flachen Kanten gezeigt werden. Mit 180° (oder: aus) werden überhaupt keine Kanten visualisiert (Abbildung 7.5). Die Einstellung dieses Schiebereglers hat gleichzeitig auch Auswirkungen auf die Auswahl von Flächen (siehe Kapitel 7.3).

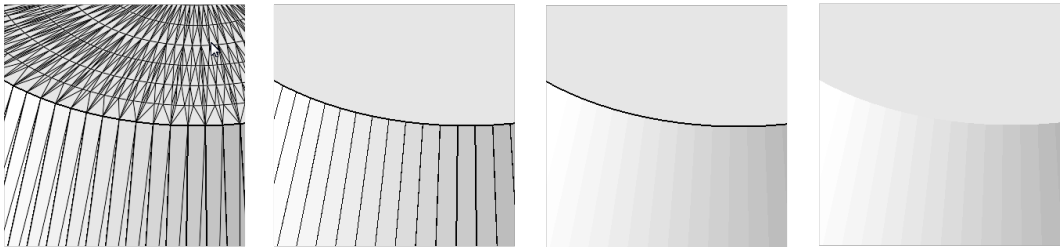


Abbildung 7.5: *Ein Bauteil mit vier verschiedenen Optionen für die Visualisierung von Kanten: Zuerst wird das Dreiecksnetz und somit alle Dreieckskanten angezeigt, dann wird das Dreiecksnetz nicht mehr angezeigt, dafür aber alle Kanten mit Winkel (Einstellung 0°), dann werden alle Kanten mit einem Winkel über 20° und schließlich werden gar keine Kanten mehr angezeigt (180°/aus).*

7.2.2 Clip planes

In dem Tab **Ansicht** können Sie jetzt einen Blick **in** das Bauteil werfen. Dies ist sehr hilfreich, falls Dreiecke in oder hinter anderen versteckt sind und die Sie nicht von außen erreichen und reparieren können. Wenn Ihr Modell Texturinformationen enthält, kreuzen Sie das Kästchen "Texturen anzeigen" an, um diese sichtbar zu machen. Mit dem nächsten Kontrollkästchen können Sie das Teil transparent anzeigen lassen, um jede Hülle im Modell zu sehen. Die Balken darunter sind die eigentlichen Ansichtstools: Bewegen Sie einen Balken, bis Sie eine farbige Kontur auf dem Modell sehen können und klicken Sie auf eine Hälfte der kleinen orangen Box auf der linken Seite (figure 7.6). Das Model wird geöffnet - Sie können es nun bearbeiten und mit der Reparatur der Innenteile beginnen (für weitere Erläuterungen siehe Kapitel 6.4). Ein Klick auf **Schnitte transparent anzeigen** versteckt oder zeigt den "abgeschnittenen" Teil.

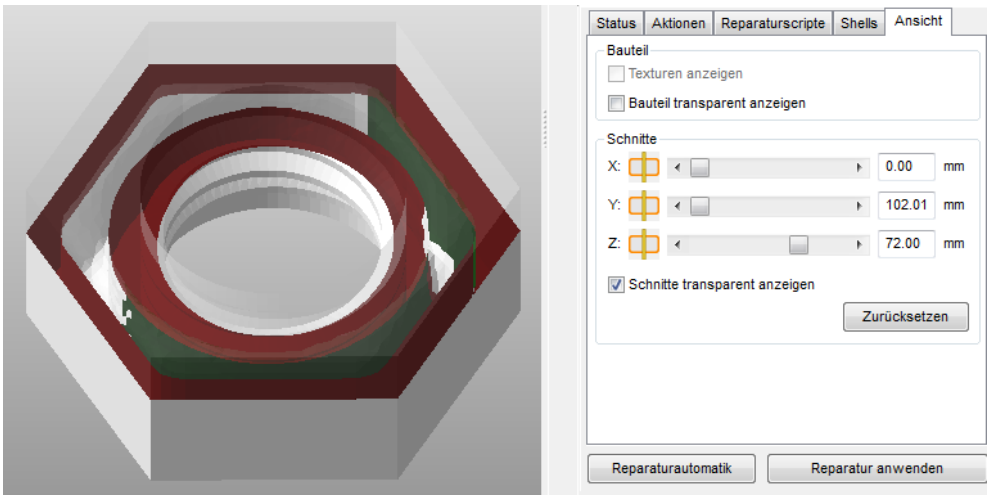


Abbildung 7.6: *Mit Hilfe der Schnitte in der Registerkarte "Ansicht" kann das Bauteil zur Bearbeitung geöffnet werden.*

7.3 Auswahl

Einfache Auswahl

Im Reparaturmodul gibt es mehrere Auswahloptionen. Je nach gewähltem Auswahlmodus werden entweder **einzelne Dreiecke**, alle Dreiecke von **Flächen** oder alle Dreiecke von **Shells** mit einem Klick ausgewählt (Abbildung 7.7). Mit Standardoptionen werden ausgewählte Dreiecke außen hellgrün und innen dunkelgrün eingefärbt, während nicht ausgewählte Dreiecke außen blau und innen rot eingefärbt sind.

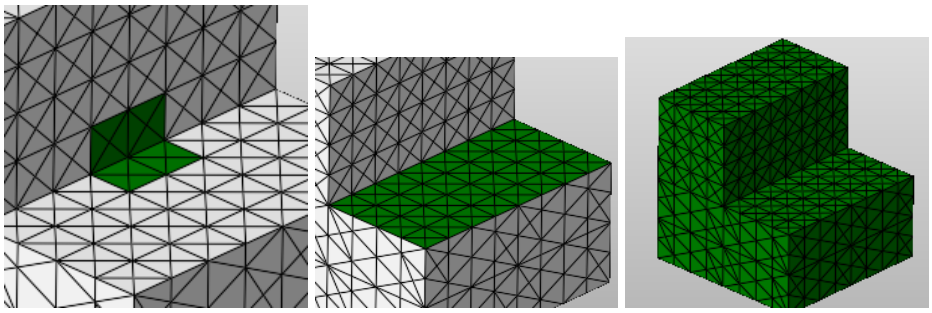


Abbildung 7.7: *Links: Ausgewählte Dreiecke. Mitte: Eine ausgewählte Fläche. Rechts: Eine ausgewählte Shell.*

Wenn die **Strg**-Taste gehalten wird, werden angeklickte Dreiecke, Flächen oder Shells zur Auswahl hinzugefügt oder von der Auswahl abgezogen. Wenn sowohl die Strg-Taste als auch der linke Mausknopf gehalten werden, werden alle Dreiecke, Flächen oder Shells, über die Sie mit der Maus fahren entweder hinzugefügt oder abgezogen, je nachdem ob Sie zuerst auf ein nicht ausgewähltes oder bereits ausgewähltes Dreieck klicken.
Wenn Sie anstatt Strg die **Shift**-Taste halten, werden Dreiecke, Flächen oder Shells immer zur Auswahl hinzugefügt und nie abgezogen.
Einzelne Dreiecke, Flächen oder Shells können auch im **Kontextmenü** ausgewählt werden, ohne dass der derzeitige Modus verändert wird. Wenn Sie also gerade Dreiecke auswählen oder in einem Modus für manuelle Reparaturen sind (siehe Kapitel 7.4), können Sie zum Beispiel zwischendurch eine Shell auswählen, indem Sie mit der rechten Maustaste auf die betreffende Shell klicken und im Kontextmenü die Option "Diese Hülle Auswählen" wählen. Dasselbe gilt für Dreiecke oder Flächen.

Mit dem Modus **Auswahlrechteck** in der Symbolleiste können Sie zudem alle Dreiecke innerhalb eines rechteckigen Rahmens auswählen, indem Sie die linke Maustaste gedrückt halten und diesen Rahmen aufziehen (Abbildung 7.8). Wählen Sie zwischen den vier verschiedenen Auswahlvarianten:
Alle Dreiecke auswählen: Alle Dreiecke, die innerhalb des Rechtecks liegen, egal ob sie auf der Rückseite des Bauteils liegen oder von einer anderen Oberfläche bedeckt sind, werden ausgewählt.
Nur nach vorn gerichtete Dreiecke auswählen: Dreiecke, die nach vorn gerichtet sind, selbst wenn sie durch andere Oberflächen bedeckt werden, werden ausgewählt.
Nur unbedeckte Dreiecke auswählen: Dreiecke, deren Front zur Vorder- oder Rückseite ausgerichtet ist und die nicht durch andere Flächen abgedeckt werden, werden ausgewählt.
Nur nach vorn gerichtete und unbedeckte Dreiecke: Nur die Dreiecke, die man tatsächlich von der aktuellen Perspektive sehen kann und zu Ihnen gewandt sind, werden ausgewählt.

Darüber hinaus gibt es in der Symbolleiste drei Optionen für eine Standardauswahl. Damit werden entweder **alle Dreiecke ausgewählt**, die **Auswahl invertiert** oder die komplette **Auswahl rückgängig** gemacht. Wird die Auswahl invertiert, werden alle nicht ausgewählten Dreiecke ausgewählt und alle vorher bereits ausgewählten Dreiecke nicht mehr ausgewählt.

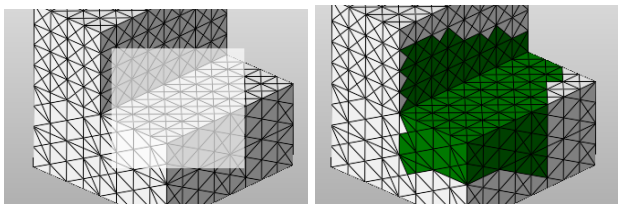


Abbildung 7.8: *Links: Ziehen Sie ein Auswahlrechteck mit der Maus. Rechts: Die resultierende Auswahl.*

Flächenauswahl - Parameter

Die Auswahl von Flächen ist verknüpft mit der Visualisierung von Dreieckskanten. netfabb interpretiert benachbarte Dreiecke als Fläche, wenn der Winkel zwischen den zwei Dreiecken unter dem angegebenen Wert liegt und die Kante nicht angezeigt wird (siehe Kapitel 7.2.1).
Zusätzlich kann unten im Status-Register die der **Auswahltoleranz** für die Flächenselektion eingestellt werden. Diese Toleranz bestimmt den maximalen Winkel zwischen den Dreiecken, die für die Fläche in Frage kommen, und dem Dreieck, auf das Sie klicken.
Bei der Auswahl einer Fläche hängt die Zugehörigkeit der Dreiecke zu dieser Fläche also von zwei Faktoren ab: erstens vom Winkel zwischen dem jeweiligen Dreieck und seinem bereits zur Fläche gehörenden Nachbardreieck, zweitens vom Winkel zwischen dem in Frage kommenden Dreieck und dem Dreieck, auf das Sie klicken. Je nach Geometrie können beide Faktoren die Fläche begrenzen (Abbildung 7.9).

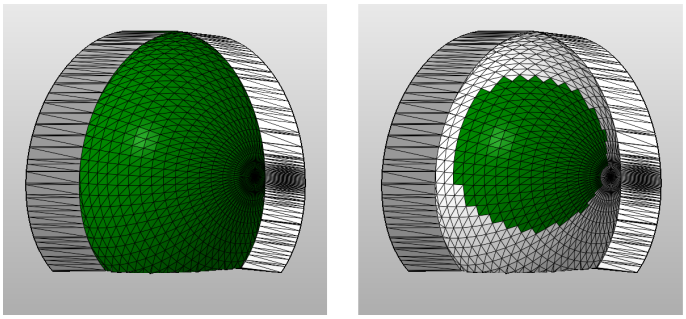


Abbildung 7.9: *Flächenauswahl, die einmal durch die Kantenvisualisierung (links) und einmal durch die Auswahltoleranz (rechts) begrenzt wird.*

Die Shell-Liste

Im **Shells-Register** im Tabsheet finden Sie eine Liste mit allen Shells Ihres Bauteils. Dabei sind folgende Eigenschaften der Shells spezifiziert: Anzahl der Dreiecke, Fläche, Outbox-Volumen (der quaderförmige Rahmen der Shell), Volumen, Geschlossenheit (Ja/Nein), Orientiertheit und Maße der Outbox. Das Volumen kann dabei nur spezifiziert werden, wenn die Shell geschlossen (wasserdicht) ist. Um alle Eigenschaften zu sehen, können Sie mit dem waagerechten Schieberegler unter der Liste nach rechts scrollen oder per *drag & drop* die gesamte Kontextumgebung vergrößern (Abbildung 7.10).

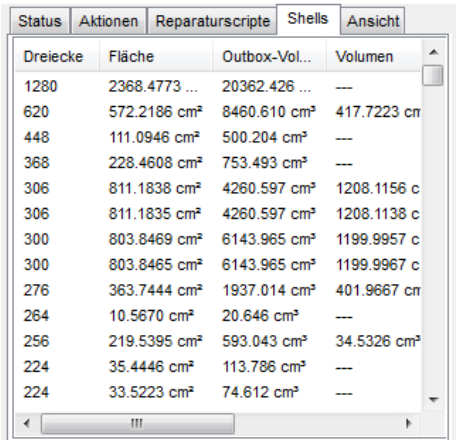


Abbildung 7.10: *Links: Das Shells-Register im Tabsheet listet alle Shells des Bauteils auf.*

Wenn Sie oben auf eine der Eigenschaften klicken, werden die Shells entsprechend diesem Wert sortiert, zunächst vom größten zum kleinsten Wert und beim zweiten Klick vom kleinsten zum größten. Damit erhalten Sie einen Überblick über die Shells Ihres Bauteils.
Wenn zudem die Option **Automatische Auswahl** aktiviert ist und Sie auf eine Shell in der Liste klicken, wird diese ausgewählt. Sie wird in der Liste blau hinterlegt und wird, wie bei der Auswahl üblich, im Anzeigebildschirm grün markiert (Abbildung 7.11). Wenn die Strg-Taste gehalten wird, können Shells zur Auswahl hinzugefügt oder von ihr entfernt werden. Wenn Shift gehalten wird und Sie klicken auf eine Shell in der Liste, werden alle Shells ausgewählt zwischen der zuletzt angeklickten Shell und der jetzt ausgewählten Shell.

Sollten Sie das Bauteil auf irgendeine Weise reparieren oder bearbeiten, ändern sich unter Umständen die Anzahl und die Eigenschaften der Shells. Die Informationen in der Liste sind somit nicht mehr aktuell und die Liste wird rot eingefärbt. Mit dem Knopf unten können Sie die Liste aber wieder **aktualisieren** (Abbildung 7.11).

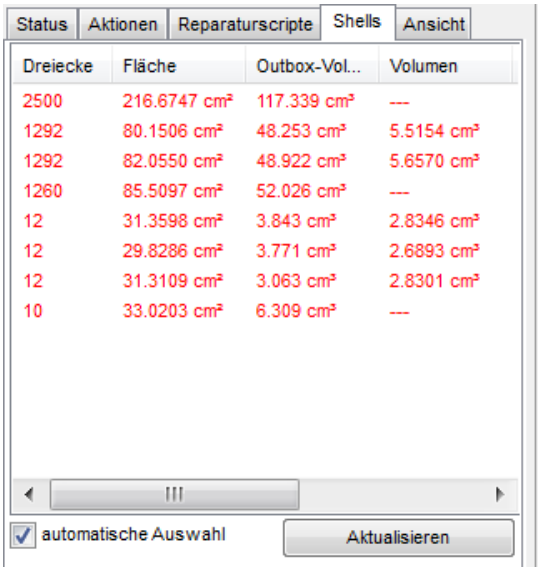


Abbildung 7.11: *Die Schrift ist rot, weil das Bauteil bearbeitet wurde und die Liste nicht mehr aktuell ist.*

Mit der Shell-Liste können Sie also alle Shells nach verschiedenen Kriterien sortieren und auswählen. Wenn Sie zum Beispiel ein Bauteil mit vielen winzigen Shells haben, die Sie entfernen wollen, sortieren Sie sie nach Fläche. Halten Sie dann Shift und wählen Sie die erste und die letzte Shell aus, die Sie entfernen wollen. Auf diese Weise sind alle Shells bis zu Ihrer gewünschten Größe ausgewählt und Sie können sie einfach entfernen.

Weitere Auswahloptionen

Wenn Sie eine Auswahl von Flächen oder Dreiecken haben, können Sie diese im Kontextmenü oder mit Plus und Minus **ausweiten oder zusammenziehen**. Wenn Sie die Auswahl ausweiten, werden alle benachbarten Dreiecke zur Auswahl hinzugefügt. Wenn Sie sie zusammenziehen werden alle Randdreiecke von der Auswahl entfernt.

Wenn ein Bauteil Löcher hat, können über das Kontextmenü alle **umliegende Dreiecke ausgewählt** werden, nachdem Sie auf die Lochkante rechtsklicken. Sie können auch nur das der angeklickten Kante **anliegende Dreieck** auswählen. Damit fällt es zum Beispiel leichter, winzige Dreiecke auszuwählen.
Im Aktionen-Register des Tabsheets können **Shells mit negativem Volumen** ausgewählt werden. Dies sind meist invertierte Shells. So können diese Shells gezielt ausgewählt und umgedreht oder auch entfernt werden. Diese Funktion ist jedoch nur bei geschlossenen und orientierbaren Shells zuverlässig.

Im Kontextmenü finden Sie auch die **erweiterte Dreiecksauswahl**. Sie öffnet eine Dialogbox, mit der Sie Dreiecke nach Fläche, Volumen der Shell oder Kantenlänge auswählen oder von der Auswahl entfernen können. Geben Sie ein, bis zu und ab welchem Wert der jeweiligen Kategorie Sie Dreiecke auswählen oder von der Auswahl entfernen wollen und aktivieren Sie die gewünschten Optionen mit den vorgesetzten Kästchen (Abbildung 7.12).

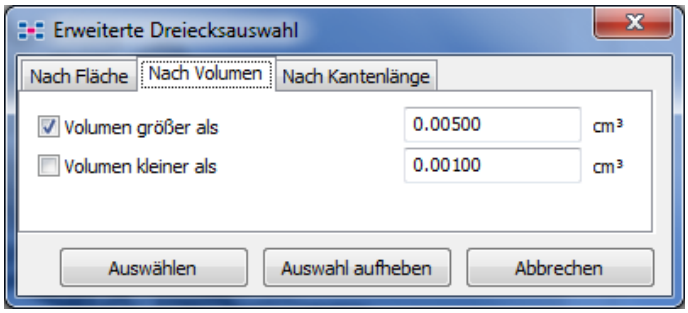


Abbildung 7.12: *Die Dialogbox der erweiterten Dreiecksauswahl.*

7.4 Manuelle Reparatur

Mithilfe manueller Reparaturoptionen in der Symbolleiste können einfache Reparaturen durchgeführt und das Dreiecksnetz verändert werden. Die Funktionen "Ausgewählte Dreiecke entfernen" und "Ausgewählte Dreiecke umdrehen" sind auch im Reparatur-Menü und im Kontextmenü zu finden, wenn Sie auf ein ausgewähltes Dreieck rechtsklicken.

Dreiecke hinzufügen: Diese Funktion startet einen eigenen Modus, mit dem Sie Löcher manuell schließen oder Dreieckskanten verbinden können. Dreiecke werden eingefügt, indem Sie hintereinander auf die beiden Kanten klicken, die Sie verbinden wollen. Nachdem sie die erste Grenzkante anklicken, wird diese blau eingefärbt. Wenn Sie jetzt die Maus auf eine weitere Grenzkante verschieben, erscheint eine grüne Vorschau der Dreiecke, die Sie jetzt einfügen könnten. Wenn sie nun erneut klicken, werden die Dreiecke eingefügt, die nötig sind, um die beiden angeklickten Kanten zu verbinden. Dies kann entweder ein Dreieck sein, wenn die zwei Kanten durch einen gemeinsamen Eckpunkt verbunden sind, oder zwei Dreiecke, wenn nicht. Wenn durch diese Aktion zwei Grenzkanten genau aneinander liegen, werden diese automatisch verbunden (Abbildung 7.13).

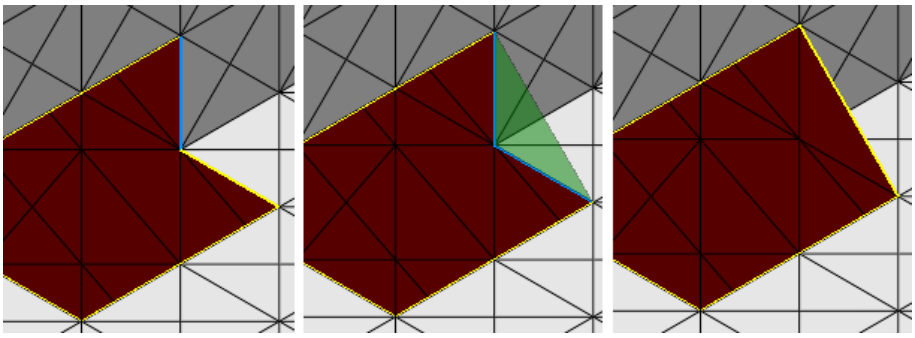


Abbildung 7.13: *Dreiecke hinzufügen: Links die blaue Markierung des als erstes angeklickten Dreiecks. In der Mitte die Vorschau auf die neuen Dreiecke. Rechts die eingefügten Dreiecke.*

Knoten hinzufügen: Mit diesem Modus können Sie manuell ihr Dreiecksnetz verfeinern. Ein Eckpunkt kann mit einem Mausklick auf die Bauteiloberfläche eingefügt werden. Es werden Kanten eingefügt, die den neuen Eckpunkt mit den drei Eckpunkten des alten Dreiecks verbinden. Dadurch wird ein Dreieck in drei Dreiecke aufgeteilt (Abbildung 7.14). Wenn Sie auf eine Kante klicken, werden beide angrenzenden Dreiecke in jeweils zwei Dreiecke aufgeteilt, indem Kanten zu den gegenüberliegenden Eckpunkten eingefügt werden. Solange Sie die linke Maustaste gedrückt halten, wird der Eckpunkt noch nicht gesetzt und kann an der Bauteiloberfläche verschoben werden. Gleichzeitig sehen Sie eine hellblaue Vorschau der neuen Dreiecke. Die Form des Bauteils ändert sich durch das Aufteilen der Dreiecke nicht direkt. Die Knotenpunkte können aber bei Folgeoperationen entscheidend sein.

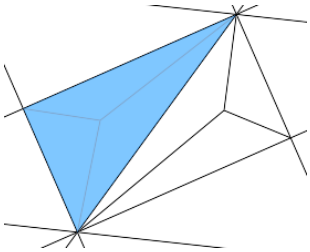


Abbildung 7.14: *Ein Eckpunkt wird in der Mitte eines Dreiecks eingefügt.*

Ausgewählte Dreiecke entfernen: Alle ausgewählten Dreiecke werden gelöscht. Diese Funktion wird auch mit der Entfernen-Taste ausgeführt.

Ausgewählte Dreiecke umdrehen: Innen- und Außenseite aller ausgewählten Dreiecke wird vertauscht. Die Dreiecke werden somit invertiert.

7.5 Halbautomatische Reparatur

Halbautomatische Reparaturfunktionen sind Operationen, die auf das gesamte Bauteil oder auf die gesamte Dreiecksauswahl angewendet werden. Sie finden sich in Kontextmenüs, dem "Aktionen"-Tabsheet und im Reparatur-Menü (Abbildung 7.15).

7.5.1 Löcher schließen

Es gibt drei Wege, um Löcher zu schließen ohne die nötigen Dreiecke manuell einzufügen.

Wenn sie mit der rechten Maustaste auf eine offene Dreieckskante klicken, können sie im Kontextmenü die Option **Loch schließen** wählen. Damit können einzelne Löcher repariert werden (Abbildung 7.16). Die damit eingefügten Dreiecke werden automatisch ausgewählt. Offene Kanten sind gelb eingefärbt, wenn die Option "Löcher hervorheben" im Status-Tabsheet aktiviert ist.

Mit der Option **Einfache Löcher schließen** werden alle Löcher im Bauteil geschlossen bei denen entweder nur ein Dreieck fehlt oder bei denen nur zwei aneinander liegende Grenzkanten verbunden werden müssen.

Mit der Option **Alle Löcher schließen** werden sämtliche Löcher im Bauteil automatisch geschlossen. Dies ist sicher die einfachste Möglichkeit, um Löcher zu reparieren. Jedoch ist Vorsicht geboten, wenn Sie Löcher im Bauteil haben,

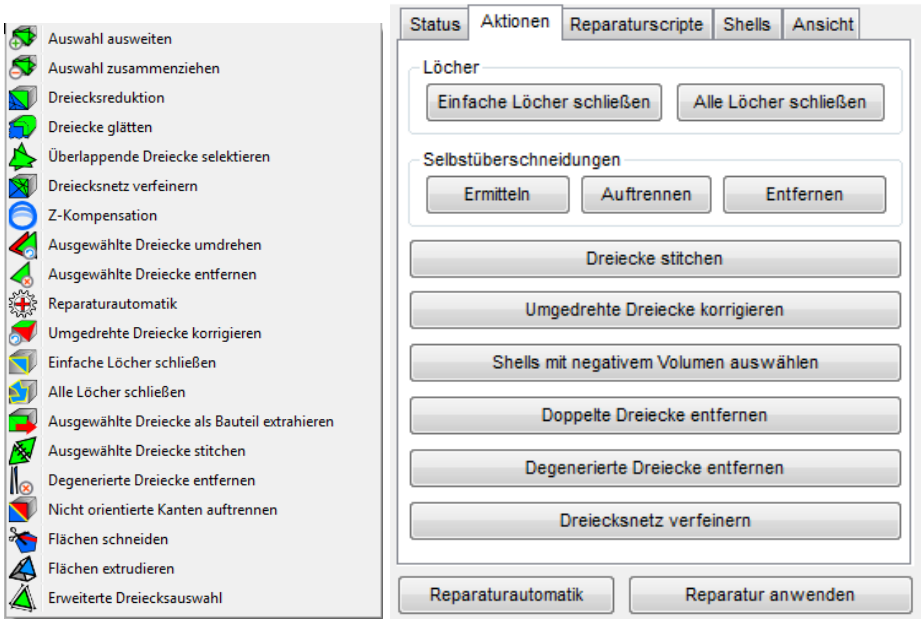


Abbildung 7.15: *Das Kontextmenü, wenn Sie auf ein ausgewähltes Dreieck rechtsklicken, und das Aktionen-Tabsheet.*

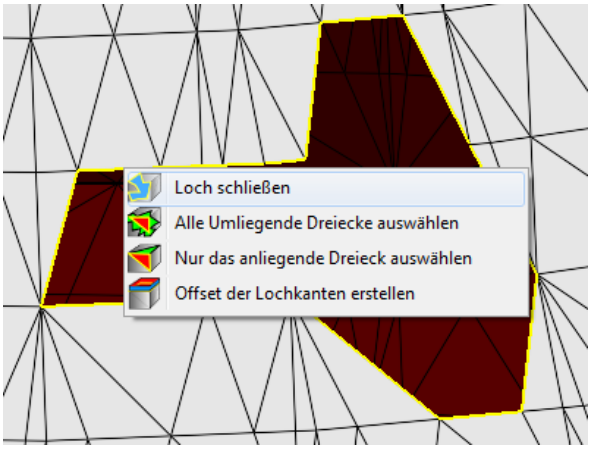


Abbildung 7.16: *Nach einem Rechtsklick auf eine Grenzkante können über das Kontextmenü einzelne Löcher geschlossen werden.*

die aufgrund der Geometrie oder der Orientierung der angrenzenden Dreiecke sehr komplex sind. In solchen Fällen werden mit dieser Funktion selten zufriedenstellende Resultate erzielt (Abbildung 7.17).

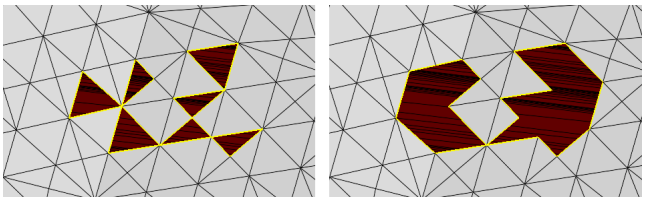


Abbildung 7.17: *Links: Diese Löcher, bei denen nur ein Dreieck fehlt, werden mit "Einfache Löcher schließen" repariert. Rechts: Komplexere Löcher wie hier werden mit der Funktion "Alle Löcher schließen" repariert.*

7.5.2 Selbstüberschneidungen

Selbstüberschneidungen treten auf, wenn Dreiecke oder Flächen eine Teils sich gegenseitig schneiden. netfabb ist in der Lage, diese Selbstüberschneidungen zu ermitteln, aufzutrennen und zu entfernen.

Mit **Selbstüberschneidungen ermitteln** wird eine rote Linie entlang der Schnittlinie der sich überschneidenden Flächen eingeblendet. Diese sind auch sichtbar, wenn sie im Inneren oder hinteren Bereich des Bauteils liegen. Wenn zwei Flächen aufeinander liegen, werden alle zu diesen Flächen zugehörigen Dreiecke orange eingefärbt (Abbildung 7.18).

Wenn sie **Selbstüberschneidungen auftrennen**, werden alle sich überschneidenden Flächen und aufeinander liegenden Flächen entlang des Schnittes aufgetrennt. Wenn die beiden Flächen zu geschlossenen Shells gehören, werden diese Shells aufgeteilt. Sie können dann separat ausgewählt und bearbeitet werden.
Das Dreiecksnetz beider Flächen wird so verändert, dass angrenzende Kanten der jetzt getrennten Flächen identische Koordinaten haben (Abbildung 7.19). Damit ist es später leichter, die Flächen wieder zusammenzufügen (z.B. durch Stitchen).

Beim **Entfernen von Selbstüberschneidungen** werden diese zunächst aufgetrennt. Dann werden alle inneren Shells und doppelten Flächen entfernt. Die verbleibenden Shells der äußeren Hülle werden zusammengefügt, so dass ein Bauteil entsteht, das aus einer gültigen Shell besteht und keine störenden inneren Elemente mehr aufweist (Abbildung 7.20).
Selbstüberschneidungen können nur entfernt werden, wenn das Bauteil keine Löcher hat.

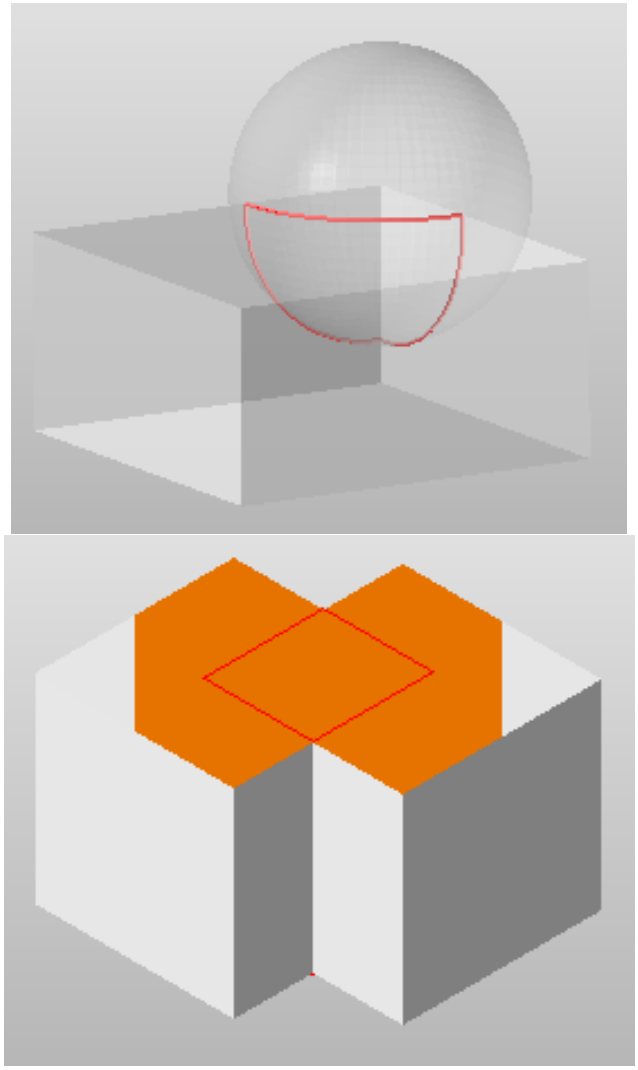


Abbildung 7.18: *Links: Eine Selbstüberschneidung, bei der die kugelförmige und die würfelförmige Shell sich schneiden. Rechts: Alle Dreiecke der aufeinander liegenden inneren Flächen werden orange eingefärbt.*

7.5.3 Dreiecke Stitchen

Mit dieser Funktion werden benachbarte Dreiecke mit offenen Grenzkanten verbunden. Die Eckpunktkoordinaten der beiden aneinander liegenden Kanten müssen dafür identisch sein. Grenzkanten sind gelb eingefärbt, wenn die Option "Löcher hervorheben" im Status-Tabsheet aktiviert ist (Abb. 7.18).
Bevor das Stitchen durchgeführt wird, müssen in einer Dialogbox bestimmte Spezi-

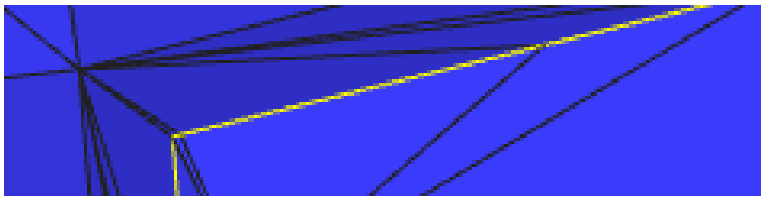


Abbildung 7.19: *Eine aufgetrennte Selbstüberschneidung: Die gelben Linien signalisieren Grenzkanten. Die Dreiecknetze beider Seiten sind einander angepasst.*

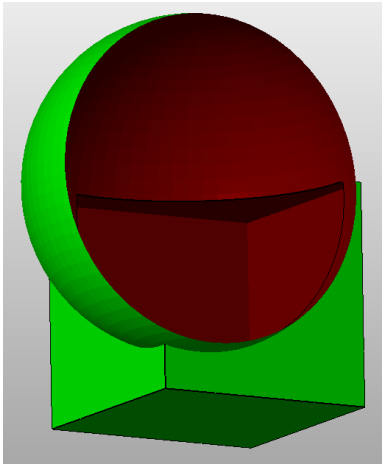


Abbildung 7.20: *Ein Blick in ein Bauteil nach dem Entfernen von Selbstüberschneidungen. Innere Flächen wurden entfernt und eine gültige Shell wurde geschaffen.*

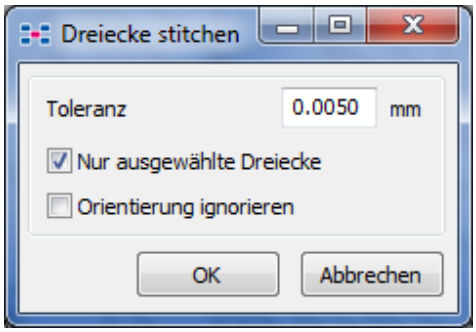


Abbildung 7.21: *Offene und aneinander liegende Dreieckskanten werden mit "Dreiecke Stitchen" zusammengefügt.*

fikationen angegeben werden.

Die Toleranz gibt an, wie weit entfernt voneinander die Eckpunkte der zwei Kanten liegen dürfen. Wenn Sie nicht exakt aufeinander liegen, aber noch innerhalb der angegebenen Toleranz, werden sie zusammen geschoben und das Bauteil leicht verformt.
Je nachdem, ob Sie das erste Häkchen setzen, werden entweder die zusammenpassenden Grenzkanten aller Dreiecke zusammengefügt oder nur die Kanten der ausgewählten Dreiecke. Dafür müssen beide betroffenen Dreiecke ausgewählt sein.
Sie haben zudem die Wahl ob sie die Orientierung der betroffenen Dreiecke ignorieren oder nicht. Wenn sie die Orientierung ignorieren, werden auch Dreiecke verbunden, deren Ober- und Unterseiten nicht zusammenpassen. Wenn Sie das Häkchen nicht setzen werden nur zusammenpassende Dreiecke zusammengefügt.
Allgemein sei dazu geraten, die Orientierung NICHT zu ignorieren, da sonst nicht mehr orientierbare Dreiecksnetze entstehen können, die schwer zu reparieren sind.

7.5.4 Umgedrehte Dreiecke korrigieren

Die Orientierung von invertierten Dreiecken wird getauscht. Dies ist bei der Reparatur von Bauteilen mit ungültiger Orientierung unverzichtbar. Die Notwendigkeit dafür ist gegeben, wenn im Status-Tabsheet unter "Statistik" falsch orientierte Dreiecke angezeigt werden. Im Anzeigebildschirm kann die Orientierung der Dreiecke leicht erkannt werden, da (mit Standardeinstellungen) die Außenseite der Dreiecke blau und die Innenseite rot gefärbt ist (Abbildung 7.22)

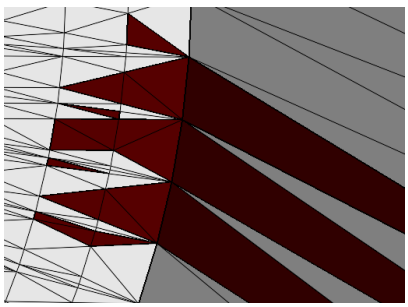


Abbildung 7.22: *Die Innenseite von Dreiecken ist dunkelrot, so dass umgedrehte Dreieche leicht erkannt werden können.*

Wenn das Teil nicht orientierbar ist, öffnet sich ein Dialog, in dem Sie gefragt werden, ob das Programm versuchen soll, das Netz orientierbar zu machen (Abbil-

dung 7.23).

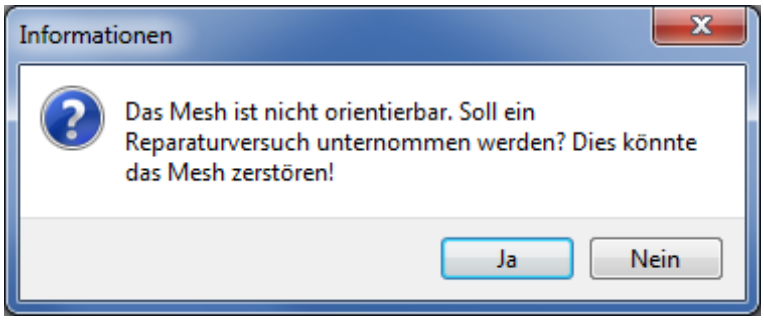

Informationen
Das Mesh ist nicht orientierbar. Soll ein Reparaturversuch unternommen werden? Dies könnte das Mesh zerstören!
Ja
Nein

Abbildung 7.23: *In einer Dialogbox werden sie gefragt, ob nicht orientierbare Dreiecksnetze orientierbar gemacht werden sollen.*

Zur Warnung sei jedoch gesagt, dass dieser Schritt auch das Dreiecksnetz zerstören kann. Um sicher zu gehen, dass keine zuvor durchgeführten Aktionen verloren gehen, ist es empfehlenswert, vor dieser Aktion die Reparatur anzuwenden, dabei das Original nicht zu überschreiben, und die Reparatur neu zu starten.
Nicht orientierbare Teile können zum Beispiel aufgrund von Selbstüberschneidungen entstehen, oder wenn beim "Dreiecke stitchen" die Orientierung ignoriert wird.

7.5.5 Doppelte Dreiecke entfernen

Damit werden Dreiecke entfernt, die die gleichen drei Eckpunkte haben, unabhängig von ihrer Orientierung. Eines der Dreiecke wird behalten (Abbildung 7.24).

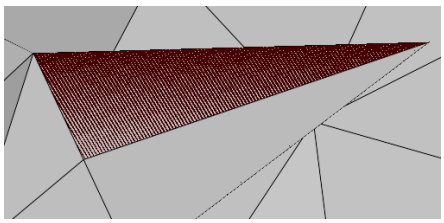


Abbildung 7.24: *Übereinander liegende Dreiecke mit den gleichen Koordinaten aber verschiedener Orientierung.*

7.5.6 Überlappende Dreiecke selektieren

Überlappende Dreiecke sind die, die sich fast oder ganz berühren egal welchen Winkel oder welche Orientierung sie aufweisen. Die Funktion "Überlappende Dreiecke selektieren" ist im Reparaturmodus in der Menüleiste unter Bearbeiten zu finden.

Im neuen Dialogfenster können Sie den **max. Abstand**, den Dreiecke voneinander haben dürfen, bestimmen. Alle Dreiecke unter diesem Wert werden ausgewählt. Ebenso verhält es sich mit dem **max. Winkel**: Definieren Sie den Winkel, den die Dreiecke maximal voneinander entfernt sein müssen. Die Dreiecke darunter werden dann ausgewählt. Im Menü darunter können Sie die **Richtung** der Dreiecke ändern. Mit "parallel" werden alle Dreiecke, die die gleiche Ausrichtung haben, selektiert. Mit Antiparallel werden alle Dreiecke mit entgegengesetzer Richtung ausgewählt. Sie können aber auch beide Richtungen wählen. Führen Sie die Funktion mit einem Klick auf **Detektieren** aus. Die selektierten Dreiecke können Sie mit den üblichen Reparaturfunktionen weiter bearbeiten.

7.5.7 Degenerierte Dreiecke entfernen

Degenerierte Dreiecke sind Dreiecke die keine oder nur eine minimale Fläche haben. Im Anzeigebildschirm werden diese orange markiert (Abbildung 7.25). Da sie keinen Beitrag zur Form des Bauteils leisten sind sie im Normalfall nicht notwendig. Sie können durch verschiedene Aktionen entstehen, zum Beispiel der Umwandlung von Dateien in andere Formate, bei Boolschen Operationen oder Retriangulierungen. Degenerierte Dreiecke verursachen nicht zwangsläufig eine fehlerhafte Produktion im 3D-Druck, aber sie können die Anzahl von Eckpunkten und Linien in den Schichtdaten dramatisch erhöhen. Das kann längere Rechen- und Produktionszeiten verursachen.

Diese Funktion entfernt alle degenerierten Dreiecke. Indem Sie die Toleranz einstellen können Sie die maximale Kantenlänge oder Höhe der Dreiecke, die entfernt werden sollen, einstellen.

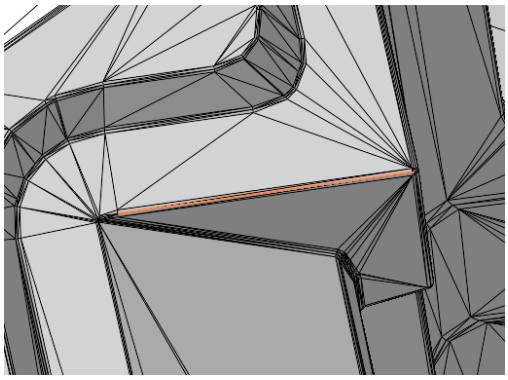


Abbildung 7.25: *Die orange Linie markierte, dass Dreiecke keine Fläche bilden.*

7.5.8 Ausgewählte Dreiecke als Bauteil extrahieren

Die aktuelle Auswahl wird als eigenes Bauteil ins Projekt eingefügt. Auf diese Weise können zum Beispiel Flächen oder ähnliches für spätere Operationen zurückgelegt werden (Abbildung 7.26).

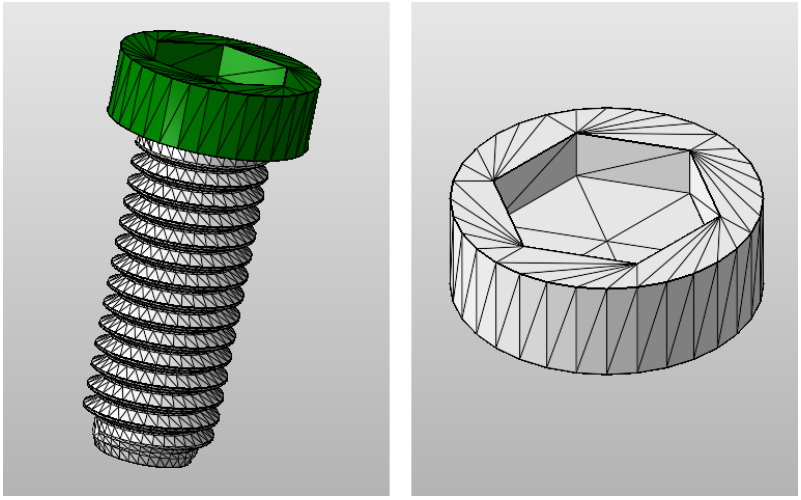


Abbildung 7.26: *Wählen Sie Dreiecke aus und extrahieren Sie sie als eigenes Bauteil.*

Diese Funktion kann zum Beispiel genutzt werden, um mit einem bestimmten Bereich oder bestimmten Shells ein separates Reparaturmodul zu starten. Sie können also Reparaturaktionen nur mit diesen extrahierten Dreiecken durchführen, oder Sie können das den Bereich separat bearbeiten oder positionieren. Wenn Sie die Bereiche später wieder zusammenfügen wollen, entfernen Sie auf die Nachfrage in der Dialog-

box die extrahierten Dreiecke. Wenn Sie sie wieder in die Reparatur zurückbringen wollen ziehen Sie das Teil per *drag & drop* im Projektbaum in die ursprüngliche Reparatur zurück, oder vereinigen Sie die Bauteile, nachdem beide Reparaturen angewendet wurden.

7.5.9 Nicht orientierte Kanten auftrennen

Wenn die Orientierung von benachbarten Dreiecken gegensätzlich ist und auf eine Unterseite eine Oberseite folgt, werden die Kanten zwischen diesen Stellen mit dieser Funktion aufgetrennt (Abbildung 7.27).

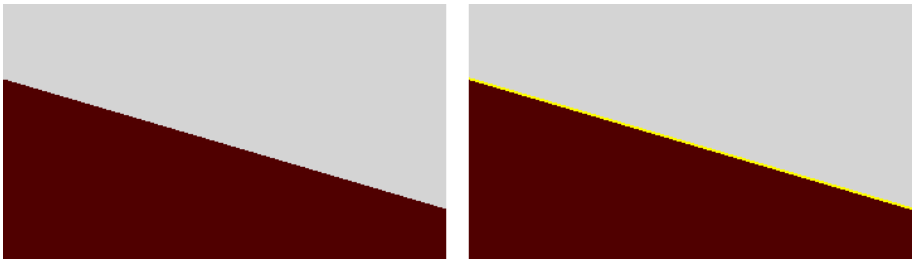


Abbildung 7.27: *Innenkanten, die gegensätzlich orientierte Dreiecke verbinden, werden aufgetrennt. Das Ergebnis sind zwei Grenzkanten.*

7.5.10 Außenflächen berechnen

Die Funktion **Außenflächen berechnen** befindet sich im Reparaturmodus in der Menüleiste unter Reparatur. Es erstellt *eine* Hülle von der Oberfläche, die von außen zugänglich ist und löscht Netze und Dreiecke, die innen liegen. Dies ist ein besonders hilfreiches Werkzeug, wenn Sie die Innenhüllen und doppelte Shells löschen wollen (figure 7.28). Möchten Sie beispielsweise ein Modell eines Hauses drucken und benötigen dabei die Innenwände nicht, benutzen Sie die Berechnung der Außenflächen und nur die Außenwände und das Dach bleiben als Modell übrig. So können Sie Material sparen und der Druckjob wird einfacher und weniger fehleranfällig sein.

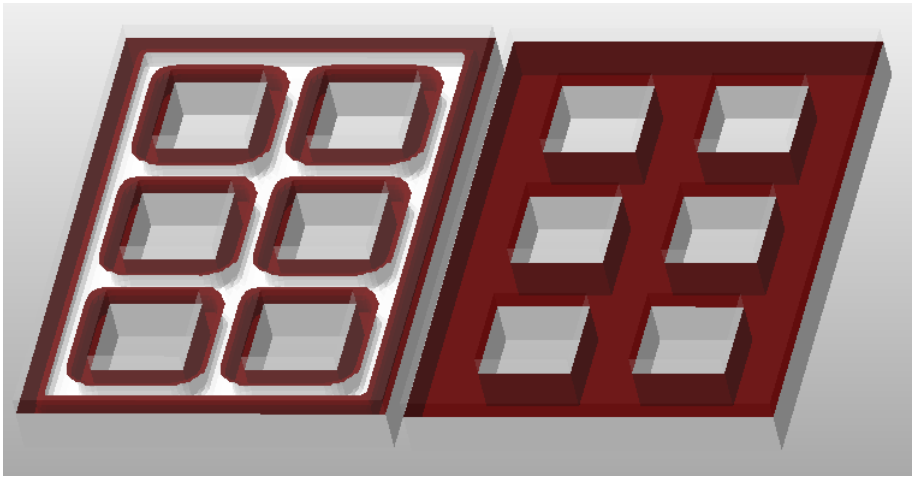


Abbildung 7.28: *Links: Bauteil mit inneren Hüllen. Rechts: Bauteil nach der Außenflächenberechung mit nur einer Hülle.*

7.6 Reparaturautomatik

Sie finden die Reparaturautomatik im Tabsheet unten, im Kontextmenü oder im "Reparatur"-Menü. Wenn Sie diese Option wählen, wird ein Reparaturskript durchgeführt, mit dem bestimmte Reparaturaktionen in vordefinierter Reihenfolge durchgeführt werden. Die Reparaturskripte Einfache Reparatur und Standardreparatur sind im Programm bereits vorgegeben (Abbildung 7.29).

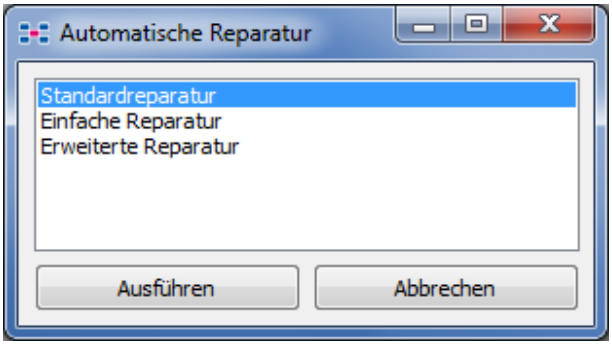


Abbildung 7.29: *Wählen Sie ein Reparaturskript in einer Dialogbox.*

Die einfache Reparatur korrigiert zunächst umgedrehte Dreiecke und schließt dann zunächst einfache und dann alle Löcher. Die Standardreparatur führt die meisten halbautomatischen Reparaturfunktionen durch.

Im **Reparaturscripte**-Register (Abbildung 7.30) finden Sie die Auflistung dieser Funktionen. Zudem können Sie hier eigene Reparaturskripte definieren. Im Dropdown-Menü oben können Sie einstellen, welches Reparaturskript Sie bearbeiten wollen. Neue Skripte können mit einem Klick auf das blaue Plus hinzugefügt werden. Wenn Sie hingegen auf das rote X klicken, wird das aktuelle Skript gelöscht.

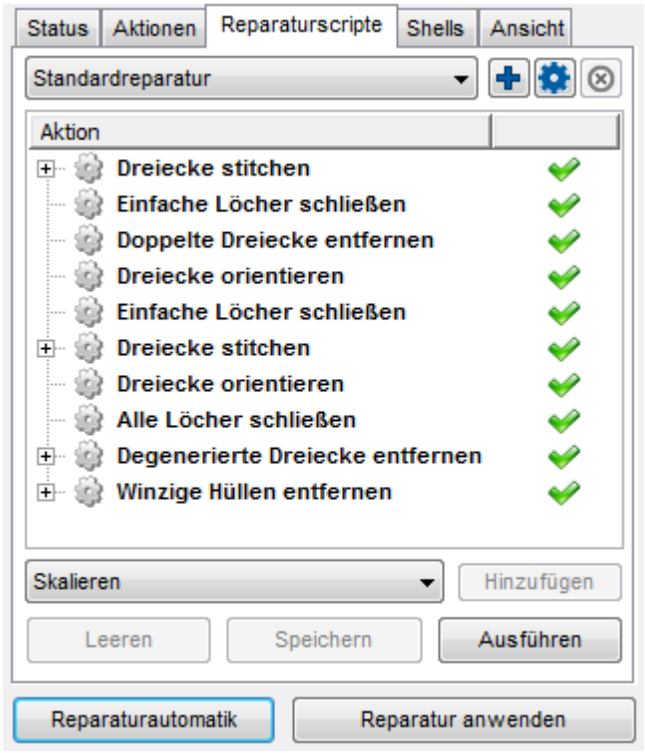


Abbildung 7.30: *Das Reparaturskript der Standardreparatur.*

Dazwischen befindet sich ein Button mit einem Zahnrad. Wenn Sie diesen Knopf betätigen, können Sie das aktuelle Skript speichern, alte Skripte laden, das aktuelle Skript duplizieren oder es umbenennen.
Darunter können Sie sehen, welche Reparaturfunktionen das Script in welcher Reihenfolge durchführt. Sie können die Reihenfolge ändern, indem Sie auf eine Operation klicken und sie per *drag & drop* in der Liste verschieben. Wenn Sie auf das grüne Häkchen neben einer Funktion klicken, können Sie diese Funktion separat ausführen. Ein Doppelklick auf das rote X entfernt die Funktion aus dem Script.
Einige Funktionen haben ein kleines Plus links neben dem Funktionsnamen, mit dem Sie einen Art Baum öffnen, in dem Sie die Parameter der Aktion einstellen können,

z.B. die Toleranz (Abbildung 7.31).

Abbildung 7.31: *Die Parameter für die Funktion "Dreiecke stitchen" im Reparaturskript.*

Unter dem Feld mit den ausgewählten Funktionen ist ein Dropdown-Menü, das alle Reparaturfunktionen enthält, auf die ein Skript zugreifen kann. Wenn Sie eine Funktion ausgewählt haben, klicken Sie auf "Hinzufügen", um die Funktion in der Liste aufzunehmen.
Die Schaltfläche "Leeren" löscht alle Funktionen aus der Liste. Mit "Speichern" können Sie das Script auf Ihrer Festplatte abspeichern und dann an andere Computer verteilen. Mit "Ausführen" wird die automatische Reparatur mit dem aktuellen Script direkt gestartet.

7.7 Dreiecksnetz bearbeiten

7.7.1 Dreiecksnetz verfeinern

Diese Funktion finden Sie im Menü Meshbearbeitung oder im Kontextmenü, wenn Sie auf das Bauteil rechtsklicken.

Damit wird das Dreiecksnetz anhand einer bestimmten Maximallänge von Dreieckskanten verfeinert. Der gewünschte Wert dafür wird in einer Dialogbox abgefragt. Die existierenden Dreiecke werden unterteilt, so dass kein Dreieck mit zu langen Kanten übrig bleibt. Die Anzahl der Dreiecke kann mit dieser Funktion stark ansteigen (Abbildung 7.32).
Die äußere Form des Bauteils wird mit dieser Funktion nicht verändert. Das Verfeinern des Dreiecksnetzes kann jedoch für nachfolgende Operationen von entscheidender Bedeutung sein, zum Beispiel für die Auswahl von kleineren Bereichen oder für die Funktion Dreiecke glätten.
Sie können entweder das Dreiecksnetz des gesamten Bauteils oder, wenn das entsprechende Häkchen im Dialog gesetzt ist, nur die ausgewählten Dreiecke verfeinern.

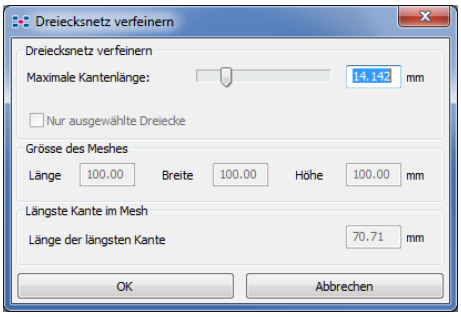


Abbildung 7.32: *Die Dialogbox zum Dreiecke verfeinern.*

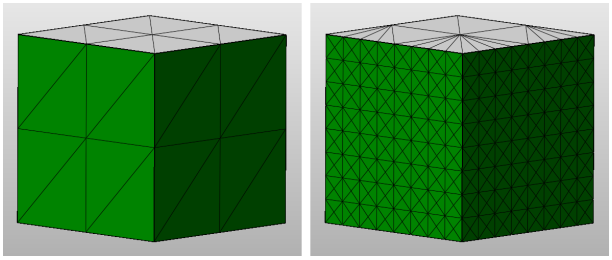


Abbildung 7.33: *Das Dreiecksnetz der ausgewählten Seitenwände dieses Würfels wird auf der vorderen und auf der rechten Seite verfeinert.*

7.7.2 Dreiecksreduktion

Die Dreiecksreduktion finden sie im Meshbearbeitung-Menü oder im Kontextmenü, wenn Sie auf ausgewählte Dreiecke rechtsklicken. Für die Dreiecksreduktion müssen mindestens fünf Dreiecke ausgewählt sein.
Mit dieser Funktion wird die Anzahl der Dreiecke mit limitiertem Formverzug reduziert. Das Programm legt Dreiecke zusammen und erzeugt größere Dreiecke.
In einer Dialogbox sehen Sie, wie viele Dreiecke Sie ausgewählt haben und Sie können bestimmen, ob Sie diese Dreiecke auf eine bestimmte Dreiecksanzahl reduzieren wollen oder ob Sie einfach die geringste mögliche Dreiecksanzahl erreichen wollen (Abbildung 7.34). Sollte das Dreiecksnetz sehr viel feiner als notwendig sein, ist es ratsam, die Dreiecksreduktion in mehreren Schritten durchzuführen, da sonst unbefriedigende Ergebnisse entstehen können.
Unterhalb dieser Angaben sind noch wichtige Bedingungen für die Dreiecksreduktion zu definieren. Die maximale Deformation entspricht der maximal erlaubten Volumenveränderung des Bauteils. Die maximale veränderte Kantenlänge bestimmt die

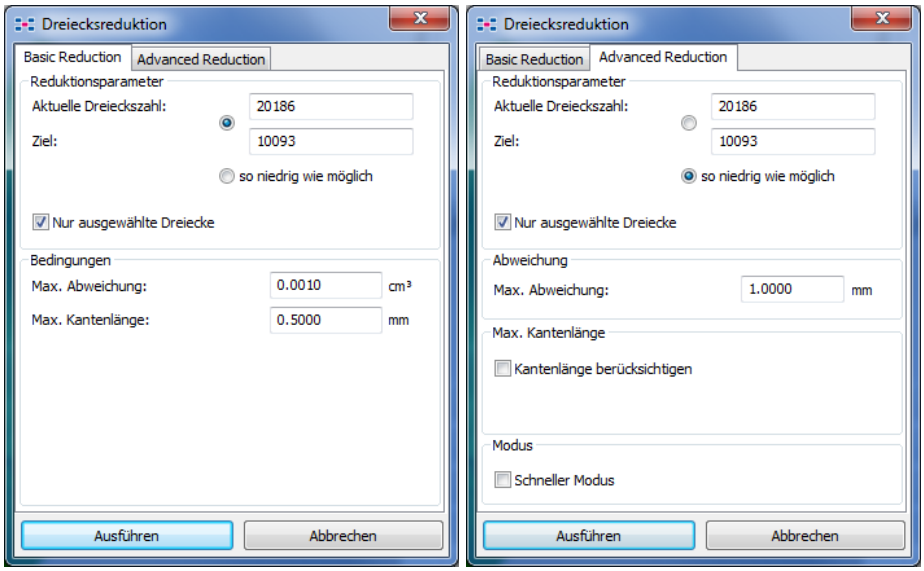


Abbildung 7.34: *Links: Für eine schnelle Dreiecksreduktion. Rechts: Für eine genauere Reduktion.*

maximale Länge der Kanten, die zusammengezogen werden, um Dreiecke zu vereinen. Es ist zu beachten, dass falsche Einstellungen bei den Bedingungen, z.B. extrem hohe Werte, zu weniger brauchbaren Ergebnissen führen können, z.B. zu starken Verformungen und Selbstüberschneidungen (Abbildung 7.35). In der fortgeschrittenen Reduktion können Sie den "Fast-Modus" wählen, der schneller aber ein wenig ungenauer arbeitet. Dies ist sehr nützlich, wenn Sie lediglich die Reduktionswerte testen wollen.

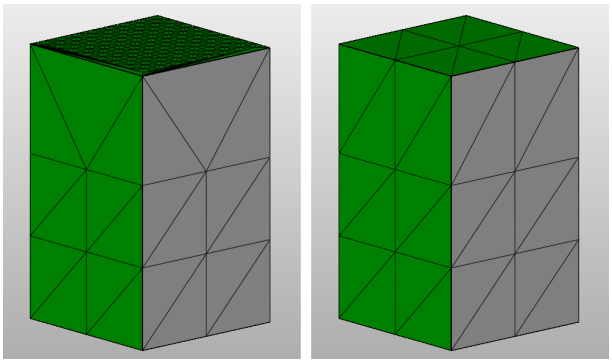


Abbildung 7.35: *Die Anzahl der Dreiecke wird in diesem Beispiel ohne Verformung des Bauteils reduziert.*

7.7.3 Z-Kompensation

Bei allen Arbeiten mit Laser Maschinen ist es wahrscheinlich, dass die erste Schicht eines Modells dicker gedruckt wird als die darauffolgende. Wenn Sie kleine Teile drucken, kann dies echte Probleme verursachen, da der Boden des Bauteils in der Z-Achse verlängert wird und dadurch die Form des Teils stark verändert wird. Mit der **Z-Kompensation** ist es möglich, diesem Effekt entgegenzuwirken. Wählen Sie das Bauteil aus und gehen Sie in den Reparatur Modus. Die Z-Kompensation finden Sie in der Menüleiste unter Extras oder im Reparatur Modus in der Menüleiste unter Meshbearbeitung. Wählen Sie den Verschiebungswert des Bauteils, der von Ihrer Maschine abhängt (figure 7.36). Alle Flächen des Modells, die nach unten zeigen, werden um diesen bestimmten Wert gestaucht (figure 7.37).

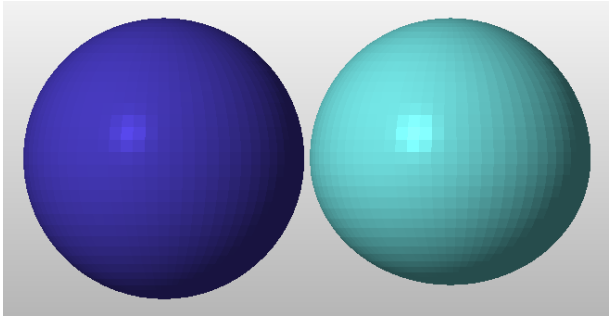


Abbildung 7.36: *10.00mm als Z-Kompensation definiert.*

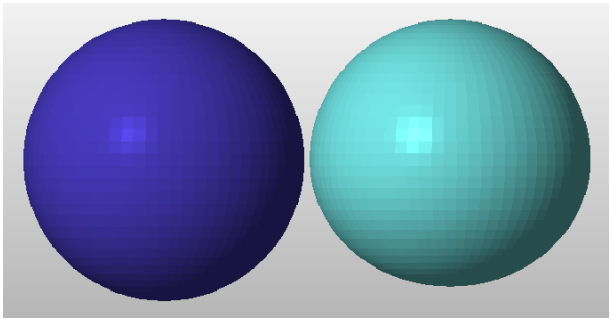


Abbildung 7.37: *Originalkugel auf der linken Seite und eine Kugel mit 10,00 mm Z-Kompensation rechts.*

7.7.4 Dreiecke glätten

Diese Funktion glättet raue Flächen und rundet scharfe Kanten ab. Sie finden sie im Meshbearbeitung-Menü und im Kontextmenü, wenn Sie irgendwo im Anzeigebildschirm rechtsklicken. Indem Sie in der Dialogbox die Anzahl der Iterationen einstellen, bestimmen Sie, wie oft Sie den Prozess durchführen wollen. Durch Anklicken des Kästchens "Nur ausgewählte Dreiecke" bestimmen Sie zudem, ob der Prozess auf das gesamte Bauteil oder nur auf die ausgewählten Dreiecke angewandt werden soll (Abbildung 7.38).

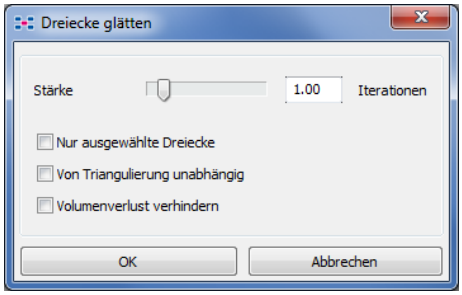


Abbildung 7.38: *Die Dialogbox zum Glätten des Dreiecksnetzes*

Pro Iteration werden für jeden Eckpunkt des Dreiecksnetzes die durchschnittlichen Koordinaten aller benachbarten Eckpunkte berechnet. Der erste Eckpunkt wird dann an diese Koordinaten versetzt. Auf diese Weise werden Flächen glatter und Ecken abgerundet (Abbildungen 7.39, 7.40). Die Fläche der Dreiecke wird dabei reduziert, da die Eckpunkte der Dreiecke näher zusammenrücken. Dieser Prozess wird pro Iteration einmal durchgeführt.
Für das Glätten des Dreiecksnetz ist eine relativ konstante Dreiecksgröße von Vorteil. Daher ist es empfehlenswert, vorher das Dreiecksnetz zu verfeinern. Wenn die Dreiecksgröße sehr unregelmäßig ist, kann die Triangulierung großen Einfluss auf das Ergebnis des Glättens haben.

7.7.5 Flächen schneiden

Mit dieser Funktion können Sie Linien auf der Oberfläche des Bauteils zeichnen und die Fläche entlang dieser Linie aufschneiden. Dabei werden Dreieckskanten entlang der von Ihnen gezeichneten Linie eingefügt und aufgespalten. Sie

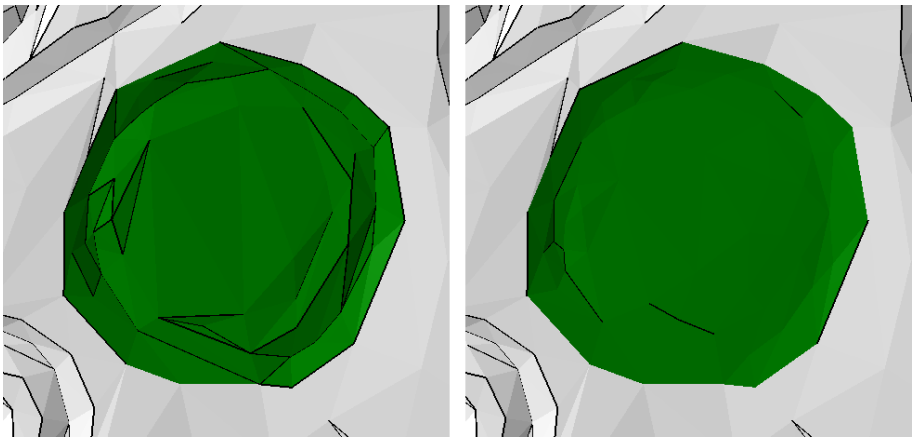


Abbildung 7.39: *Links: Eine Fläche wurde für das Glätten ausgewählt. Alle Kanten mit einem Winkel von mehr als 10° werden visualisiert. Rechts: Die Dreiecke wurden geglättet und keine Kanten mit einem Winkel größer als 10° verbleiben.*

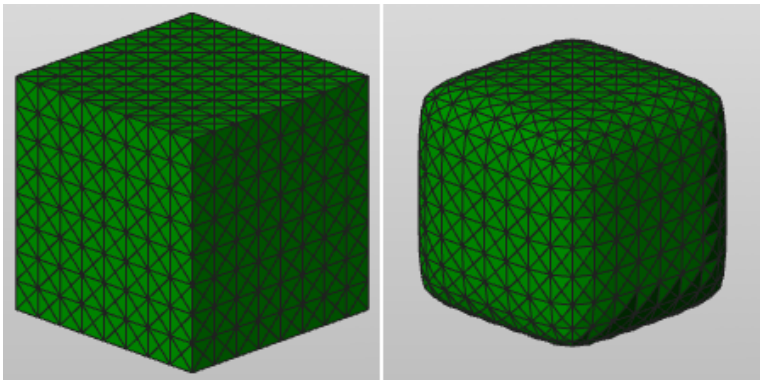


Abbildung 7.40: *Ein Würfel, bei dem die Ecken abgerundet werden (fünf Iterationen).*

finden die Funktion in der Symbolleiste, im Meshbearbeitung-Menü oder im Kontextmenü, wenn Sie irgendwo im Anzeigebildschirm rechtsklicken.
Wenn die Funktion aktiviert ist, können Sie irgendwo auf das Dreiecksnetz klicken, um Ihre Linie an dieser Stelle zu beginnen. Mit einem Klick auf eine weitere Stelle wird bereits eine rote Linie zwischen den beiden angeklickten Punkten eingefügt. Anschließend werden mit jedem Klick die letzten beiden Punkte verbunden. Auf diese Weise können Sie eine Linie auf Ihr Bauteil zeichnen. Wenn der Bereich zwischen den Punkten nicht flach ist, kann es sein, dass die Linie bereits vorhandenen

Dreieckskanten folgt (Abbildung 7.41).
Bitte beachten Sie, dass die Linie immer auf derselben Shell bleibt. Wenn Sie auf eine andere Shell klicken, kann dies zu Fehlern führen.
Wenn Sie im Bildschirm rechtsklicken, öffnet sich ein Kontextmenü mit drei Optionen: Mit **Linie zurücksetzen** wird die aktuelle Linie entfernt und Sie können eine neue Linie erschaffen. Mit **Linie schließen** werden der erste und der letzte Punkt verbunden. Es können keine weiteren Punkte hinzugefügt werden. Diese Funktion ist hinfällig, wenn die Linie aus nur zwei Punkten besteht. Vorsicht: Wenn Sie jetzt nochmal auf das Bauteil klicken, wird die Linie gelöscht und eine neue begonnen (Abbildung 7.41).

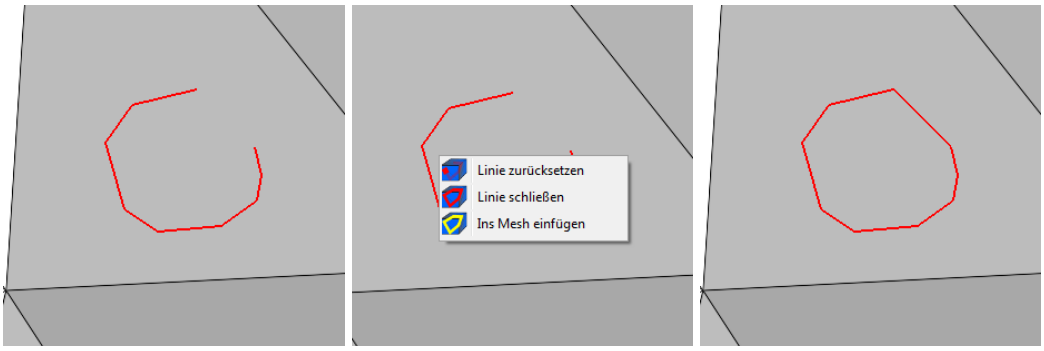


Abbildung 7.41: *Links: Eine rote Linie wird eingefügt zwischen den Punkten, auf die Sie klicken. Mitte: Wählen Sie "Linie schließen" im Kontextmenü. Rechts: Der erste und letzte Punkt der Linie werden verbunden.*

Die Option **Ins Mesh einfügen** hat einen doppelten Effekt. Wenn die Linie aus drei oder mehr Punkten besteht, wird sie geschlossen, indem der erste und der letzte Punkt verbunden werden. Dann werden Dreieckskanten entlang der gezeichneten Linie eingefügt und die Fläche wird entlang dieser Kanten aufgeschnitten. Es werden also Grenzkanten geschaffen (Abbildung 7.42). Damit wird der Bereich innerhalb der Linie eine eigene Shell und kann mit "Hüllen auswählen" in der Symbolleiste separat ausgewählt und dann bearbeitet werden. Wenn die Linie nur aus zwei Punkten besteht, wird die Oberfläche nur entlang dieser Linie aufgeschnitten und es wird keine neue Shell geschaffen.

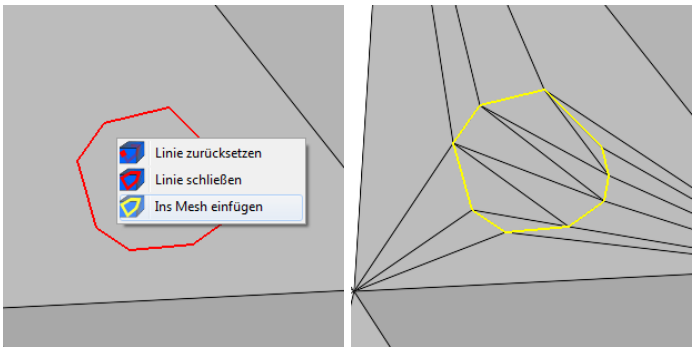


Abbildung 7.42: *Links: Wählen Sie "ins Mesh einfügen" im Kontextmenü. Rechts: Neue Dreieckskanten werden eingefügt und die Oberfläche wird aufgeschnitten.*

7.7.6 Offset der Lochkanten erstellen

Diese Funktion ist im Kontextmenü verfügbar, wenn Sie auf eine Grenzkante rechtsklicken (Abbildung 7.43).

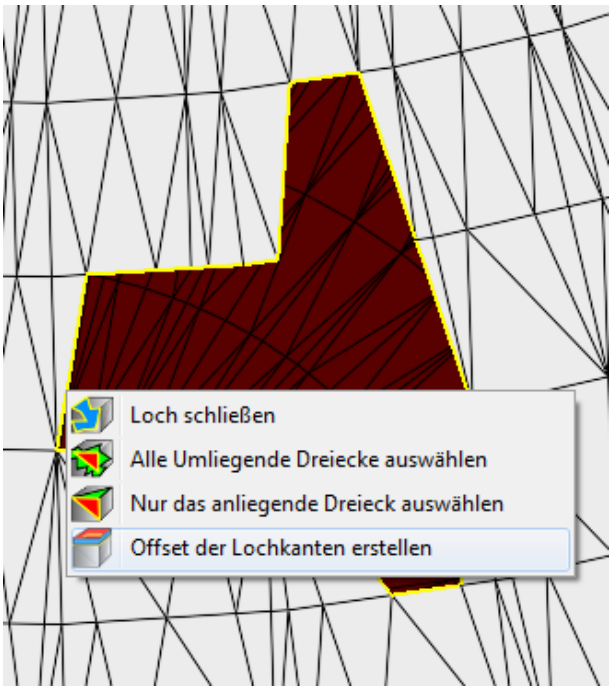


Abbildung 7.43: *Wenn Sie auf eine Grenzkante rechtsklicken, können Sie einen Offset eines Lochs erstellen.*

Mit einem Offset der Lochkante werden an den Grenzkanten Dreiecke eingefügt, die

in derselben Ebene liegen wie die Randdreiecke, zu denen sie gehören. Damit können zum Beispiel Löcher verkleinert werden, ohne sie zu schließen. In einer kleinen Dialogbox können Sie eingeben, wie groß Abstand von der ursprünglichen zur neuen Grenzkante sein soll (Abbildung 7.44).

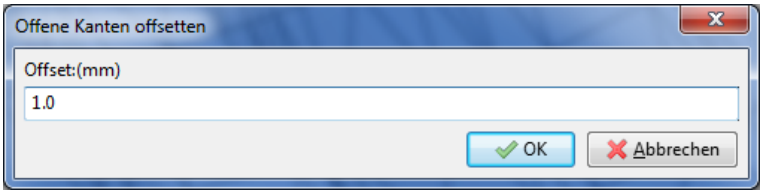


Abbildung 7.44: *In dieser Dialogbox stellen Sie den Abstand des Offsets ein.*

Wenn Sie auf "OK" klicken, werden an den Lochkanten die Dreiecke eingefügt. Für jede Grenzkante und jeden anliegenden Eckpunkt wird eine neue Kante und ein neuer Eckpunkt in der angegebenen Entfernung eingefügt. Die dazwischen liegenden Dreiecke liegen möglichst in der gleichen Ebene wie die Randdreiecke. Die Eckpunkte liegen in der Schnittlinie zwischen den zwei betroffenen Ebenen (Abbildung 7.45).

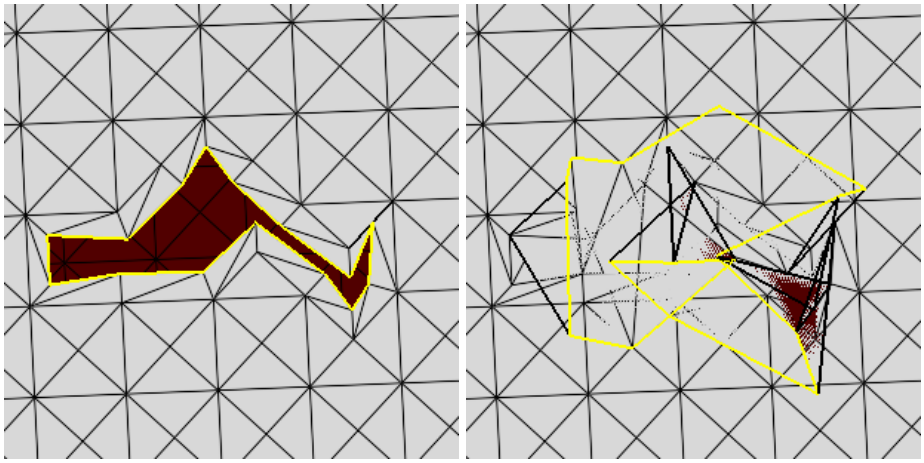


Abbildung 7.45: *Links: Ein Offset mit 1mm Abstand wurde erschaffen. Rechts: Danach wurde ein weiterer Offset erschaffen, diesmal mit 4mm Abstand.*

Wenn ein oder mehrere Dreiecke des Bauteils ausgewählt sind, schafft netfabb nur Offsets entlang der Kanten dieser Dreiecke (Abbildung 7.46).

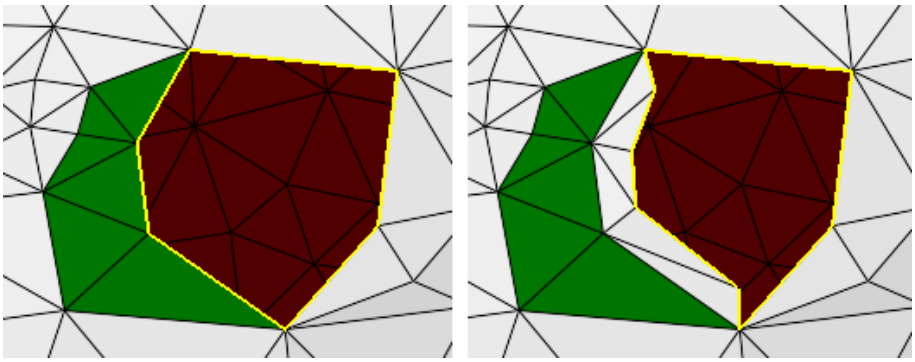


Abbildung 7.46: *Links: Hier werden sechs Dreiecke ausgewählt, bevor der Offset gemacht wird. Rechts das Resultat.*

7.7.7 Flächen extrudieren

Diese Funktion befindet sich in der Symbolleiste, im Menü Meshbearbeitung oder im Kontextmenü, wenn Sie auf ausgewählte Dreiecke rechtsklicken.
Sie können damit die Form von Bauteilen verändern, indem Sie Dreiecke oder Flächen verschieben. Wählen Sie zunächst die Dreiecke aus, die Sie verschieben möchten und aktivieren Sie **Flächen Extrudieren**. In diesem Modus wird eine graue Fläche eingeblendet, die die zukünftige Position der ausgewählten Dreiecke repräsentiert. Sie ist zu Beginn 1mm über der aktuellen Position der Dreiecke positioniert.
Sie können diese graue Fläche nun per *drag & drop* beliebig im Raum verschieben. Wenn Sie die Fläche nach außen verschieben, vergrößert sich das Volumen des Bauteils, und wenn Sie sie in das Bauteil hinein verschieben, verkleinert sich das Volumen.
Wenn Sie während des Verschiebens die Shift-Taste gedrückt halten, bleibt der Abstand zur ursprünglichen Fläche gleich und nur die Richtung der Verschiebung wird geändert. Wenn Sie hingegen Strg gedrückt halten, bleibt die Richtung dieselbe und nur der Abstand ändert sich.
Wenn Sie auf ein beliebiges bestehendes Dreieck doppelklicken, wird die Richtung der Extrusion der Orientierung des angeklickten Dreiecks gleichgesetzt, im rechten Winkel zur Fläche des Dreiecks (Abbildungen 7.47, 7.50). Mit jedem weiteren Doppelklick ändert sich die Richtung um 180°. Das angeklickte Dreieck muss nicht Teil der ausgewählten Fläche sein.
Ähnlich verhält es sich, wenn Sie auf eine scharfe Kante doppelklicken. Die Ex-

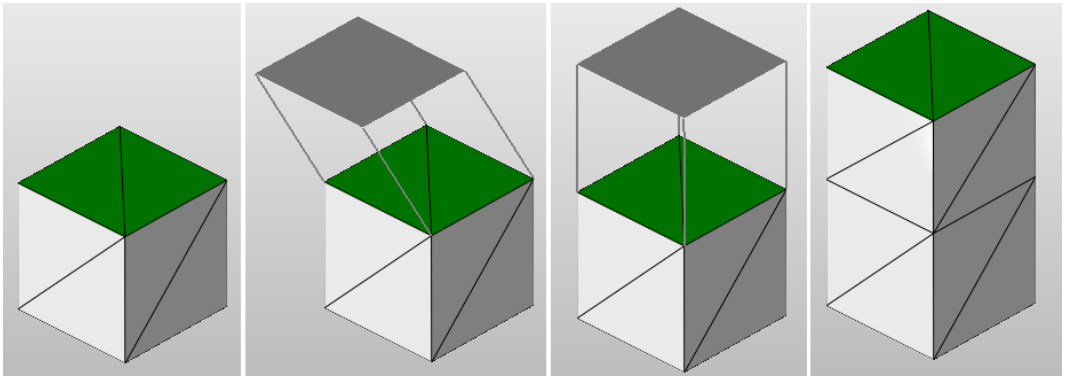


Abbildung 7.47: *Extrusion eines Würfels: Zunächst wird die zu extrudierende Fläche ausgewählt. Dann wird die "Flächen extrudieren"-Funktion gestartet und die Fläche wird per drag & drop verschoben. Durch einen Doppelklick auf die ursprüngliche Fläche die Richtung der Extrusion im rechten Winkel zur Fläche ausgerichtet. Im vierten Bild wird die Extrusion angewandt und das Teil wird verändert.*

trusion wird genau entlang der Kante ausgerichtet, wobei sich mit jedem weiteren Doppelklick die Richtung um 180° dreht (Abbildung 7.49).
Mit dem Schaltfeld **Anwenden** im Tabsheet wird die Extrusion durchgeführt. Die ausgewählten Dreiecke werden Ihren Einstellungen entsprechend verschoben und es werden neue Dreiecke eingefügt, um den ursprünglichen Körper mit der neuen Fläche zu verbinden.
Wenn im Tabsheet die Option **Punkte verschieben** aktiviert ist, werden keine verbindenden Dreiecke eingefügt. Es werden nur die Eckpunkte der ausgewählten Dreiecke verschoben, so dass alle Nachbardreiecke so versetzt werden, dass sie bereits den alten Körper und die neue Fläche verbinden. Dadurch bekommt das Bauteil eine andere Form als bei der Standardextrusion (Abbildungen 7.48, 7.49).
Alternativ dazu können Sie Richtung und Abstand der Verschiebung im Tabsheet genau einstellen (Abbildung 7.51). Sie haben drei Felder für die Richtung zur Verfügung, die jeweils für die X-, Y- und Z-Achse stehen. Das Verhältnis dieser Zahlen zueinander bestimmt die Richtung der Extrusion. Sie können sowohl positive als auch negative Werte eingeben. Wenn Sie zum Beispiel genau in positive X-Richtung extrudieren wollen, setzen Sie die Werte für Y und Z auf 0 und den für X auf eine beliebige positive Zahl. Für eine schräge Extrusion, die von der positiven X-Richtung um 30° in Richtung der negativen Y-Richtung abweicht, geben Sie für Z den Wert

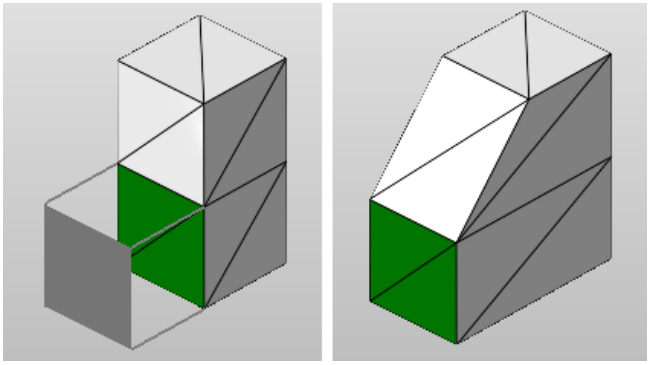


Abbildung 7.48: *Punkte verschieben: Nur die Eckpunkte von Dreiecken werden nach außen verschoben. Damit wird die Geometrie aller benachbarten Dreiecke verändert.*

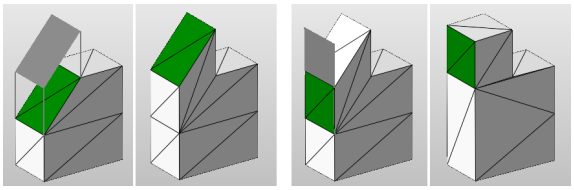


Abbildung 7.49: *Hier wird die Fläche entlang ihrer eigenen Kante extrudiert. Die Extrusion wird kombiniert mit der Option "Punkte verschieben". Die Fläche wird nach oben verschoben und die Fläche an der Vorderseite wird "ausgedehnt". Der obere Winkel wird angepasst.*

0 ein, für Y einen negativen Wert und für X einen doppelt so hohen positiven Wert. Wenn Sie die Richtung per *drag & drop* im Anzeigebildschirm verändern, werden die hier angegebenen Werte automatisch angepasst.
Die **Verschiebung** betrifft die Entfernung, um die die Eckpunkte der ausgewählte Fläche verschoben werden. Auch hier können positive oder negative Werte eingegeben werden. Negative Werte machen hier zum Beispiel Sinn, wenn Sie die Richtung bereits eingestellt haben, aber genau in die Gegenrichtung drehen wollen. Der Abstand bei der Flächenextrusion kann beliebig weit sein (Abbildung 7.52).
Die Funktion **Richtung schätzen** ist insbesondere dann interessant, wenn Sie Dreiecke ausgewählt haben, die nicht parallel zueinander liegen. Es wird die Extrusionsrichtung den ausgewählten Dreiecken angepasst. Das Programm nimmt die Orien-

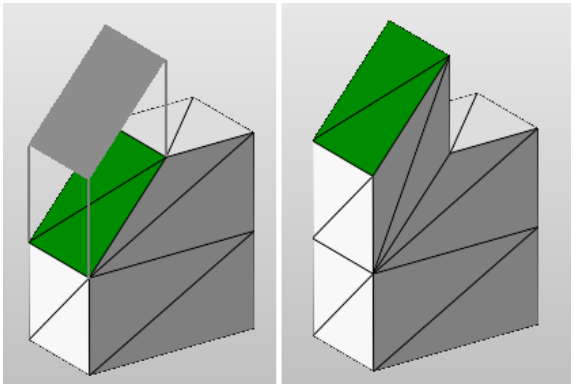


Abbildung 7.50: *Hier wird die Extrusion senkrecht zur oberen Fläche, nicht der Originalfläche angewandt.*

Abbildung 7.51: *Die Parameter für die Flächenextrusion.*

tierungsrichtung aller ausgewählten Dreiecke, berechnet den Durchschnitt und übernimmt diese Richtung für die Extrusion (Abbildung 7.53). Diese Richtung ist auch beim Start der Flächenextrusion voreingestellt.

7.7.8 3D-Extrusion

Diese Funktion arbeitet ähnlich wie das Extrudieren von Oberflächen. Es ändert dabei aber die Form des Bauteils nicht nur in eine Richtung, sondern auch in 3D, was zur Aufdickung von Wandstärken oder zum Aufmaßsetzen genutzt werden kann. Sie finden die 3D-Extrusion in der normalen Flächenextrusion: Klicken Sie auf "Flächen extrudieren" und dann auf die Registerkarte "3D-Extrusion".

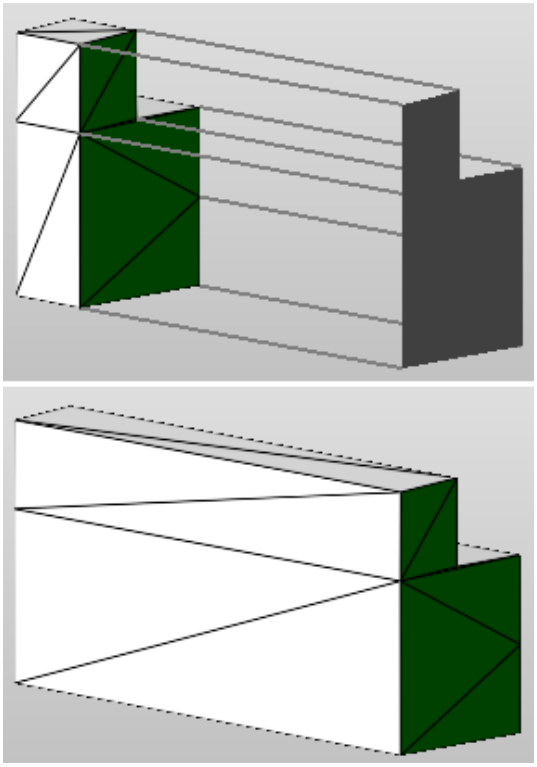


Abbildung 7.52: *Flächen können mit beliebigem Abstand verschoben werden.*

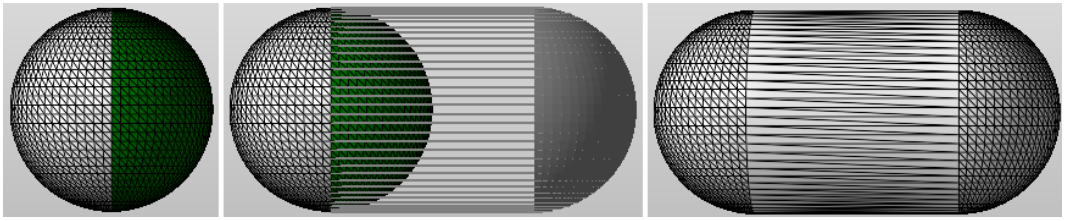


Abbildung 7.53: *Die Extrusion einer Halbkugel in Richtung der ausgewählten Dreiecke.*

Selektieren Sie die Oberfläche, die Sie bearbeiten möchten und klicken Sie auf das Symbol **Flächen extrudieren** in der Werkzeugleiste. Wechseln Sie dann in die Registerkarte "3D Extrusion". Verschieben Sie die Oberfläche mit der Extrusion durch Ziehen der grauen Fläche. Sie können die Extrusionswerte aber auch in der Registerkarte durch Eingabe exakter Werte oder durch das Verschieben des Reglers Flächen extrudieren (figure 7.54).

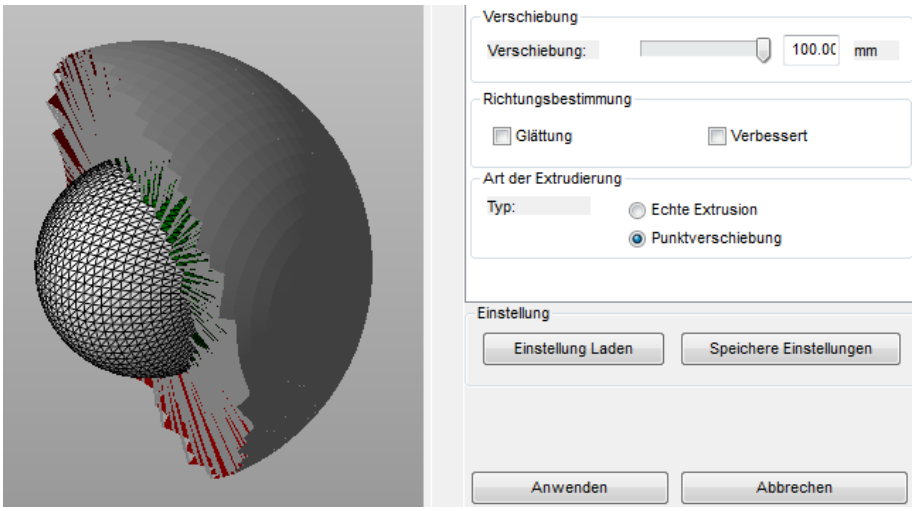


Abbildung 7.54: *3D-Extrusion der Hälfte einer Kugel.*

Aktivieren Sie das Feld **Glättung**, dann wird die Richtung der umgebenden Dreiecke bei der Berechnung ebenfalls berücksichtigt. Auf diese Weise wird der Kontrast zwischen der Extrusion und der verbleibenden Oberfläche nicht so radikal. Mit dem verbessertem Modus ist die Größe der ausgewählten Dreiecke mit einkalkuliert. Das bedeutet, dass die Richtung der Extrusion hauptsächlich von den größeren Dreiecken bestimmt wird. Für weitere Erläuterungen über die Art der Extrusion und über die Einstellungen, werfen Sie bitte einen Blick auf Kapitel **7.7.6 Flächen extrudieren**.

Kapitel 8

Bauteilmessung und Qualitätssicherung

8.1 Das Messmodul

Zum Vermessen eines Bauteils, wählen Sie es aus und aktivieren Sie das Messmodul, indem Sie auf das Messen-Symbol in der Symbolleiste klicken oder die Option **Neue Messung** im Extras-Menü oder im Submenü Extras des Kontextmenüs wählen.
Es ermöglicht das Messen von Abständen zwischen Punkten, Kanten und Flächen sowie von Radien und Winkeln. Im Anzeigebildschirm ist nur das ausgewählte Bauteil in grau zu sehen. Alle Optionen für das Messmodul finden Sie im Tabsheet. Dort werden auch Anleitungen gegeben und alle Messungen werden genau spezifiziert (Abbildung 8.1). Die Optionen zum Ändern der Perspektive und zum Zoomen sind die selben wie im Standardmodul, nur mit weniger Standard-Zoomoptionen.
Im Projektbaum wird die Messung als untergeordnetes Element zum Bauteil eingefügt. Einzelne Mess-Operationen sind wiederum der Messung untergeordnet. Sie können jederzeit zur Messung zurückkehren, wenn Sie sie im Projektbaum anklicken. Wenn Sie auf die Messung rechtsklicken, können Sie sie in einem kleinen Kontextmenü umbenennen oder auch entfernen (Abbildung 8.2).
Messungen werden mithilfe von **Ankerpunkten** durchgeführt. Sie können in einer Messung beliebig viele Mess-Operationen durchführen und auch Ankerpunkte für Notizen einfügen, z.B. für spätere Qualitätstests.

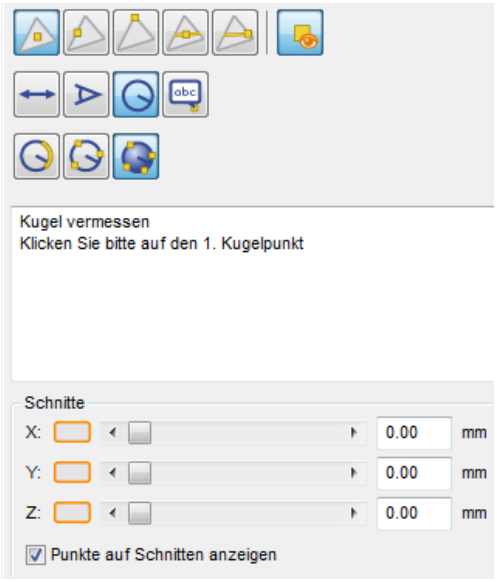


Abbildung 8.1: *Im Tabsheet finden Sie die verschiedenen Optionen für die Messung.*

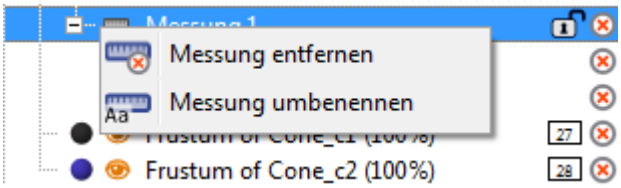


Abbildung 8.2: *Im Projektbaum können Sie in einem Kontextmenü die Messung umbenennen oder entfernen.*

Wenn Sie eine **Messung durchführen**, erscheint eine blaue Linie (=Pfeil) zwischen den Ankerpunkten, in deren Mitte der gemessene Wert, also die Entfernung, der Winkel oder der Kreisdurchmesser, angegeben wird (Abbildung 8.3). Zudem wird ein neuer Ankerpunkt im Zentrum der Messung eingefügt, also auf halbem Weg der Entfernung, in der Mitte des Kreises oder am Scheitelpunkt des Winkels. Alle **Ankerpunkte können für weitere Mess-Operationen wiederverwendet** werden (wie in den Abbildungen 8.12 und 8.15).
Das Feld, in dem der gemessene Wert angegeben wird, stellt einen **Messpunkt** dar. Dieser kann per *drag & drop* zusammen mit dem blauen Pfeil in eine parallele Position zur Seite geschoben werden. In diesem Fall werden bei der Messung eines Abstands die Enden des Pfeils durch zwei weitere Linien mit den Ankerpunkten ver-

bunden. Der gemessene Abstand wird mit einer auffälligeren, gelben Linie angezeigt, wenn die Option "Ankerpunkte anzeigen" (siehe unten) aktiviert ist. Auf diese Weise können Sie sehr gut den Überblick Ihrer Mess-Operationen behalten und Sie können den Ankerpunkt in der Mitte anklicken (Abbildung 8.3).

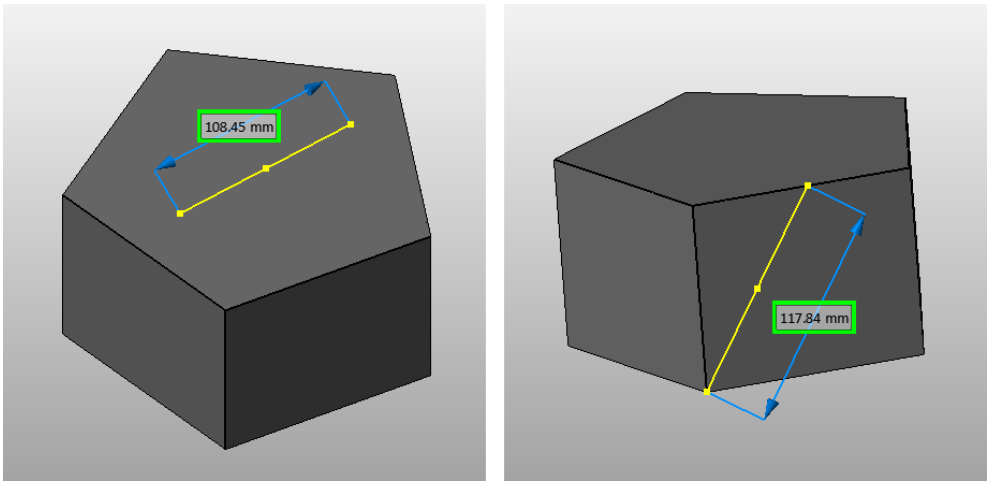


Abbildung 8.3: *Links: Eine Messung zwischen zwei Punkten auf einer Fläche. Rechts: Die Messung zwischen einem Punkt auf einer Kante und einem Eckpunkt. Der blaue Pfeil wurde zur Seite geschoben, so dass man eine ungehinderte Sicht und Zugang zum zentralen Ankerpunkt hat.*

Ein Messpunkt wird durch einen Linksklick ausgewählt und kann dann mit der Entfernen-Taste gelöscht werden. Wenn Sie auf das Feld mit dem Messergebnis oder auf die zugehörige Mess-Operation im Projektbaum klicken, erscheint ein Kontextmenü, in dem der Messpunkt (bzw. die Operation) **bearbeitet** oder **entfernt** werden kann (Abbildung 8.4).

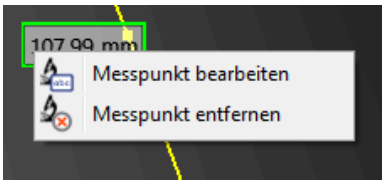


Abbildung 8.4: *Das Kontextmenü eines Messpunkts*

Wenn Sie den Messpunkt bearbeiten, können Sie Notizen zum Messpunkt hinzufügen (und lesen) und seine Erscheinung hinsichtlich Farbe der Pfeile, Schriftfarbe,

Rahmenfarbe, Hintergrundfarbe und Grad der Transparenz des kleinen Textfeldes ändern (Abbildung 8.5). Wenn Sie den verdeckten Pfeil sichtbar machen, nimmt die gelbe Messlinie (nachdem Sie den Pfeil zur Seite geschoben haben) die Farbe der anderen Pfeile an. Wenn Sie die Option "Maß anzeigen" deaktivieren, wird der gemessene Wert nicht im Bildschirm angezeigt.
Wenn Sie den Messpunkt entfernen, wird die gesamte Mess-Operation gelöscht, inklusive seiner Ankerpunkte. Auch alle anderen Mess-Operationen, die diese Ankerpunkte nutzen, werden mit gelöscht.

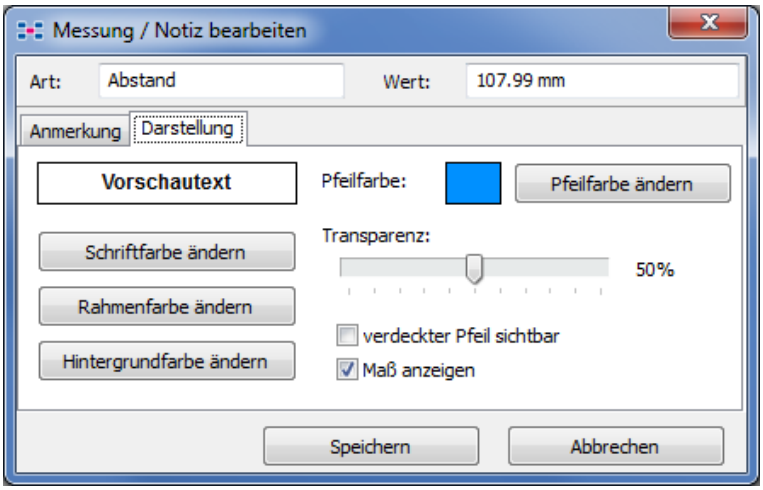


Abbildung 8.5: *Die Dialogbox zum Bearbeiten eines Messpunkts*

8.1.1 Schnittlinien

Es ist auch im Messmodul möglich, Schnittlinien zu setzen wie für einfache Schnitte. Sie können genutzt werden, um Ankerpunkte sehr genau an bestimmen Koordinaten zu platzieren (Abbildung 8.6). Die Schnittlinien können ganz normal mit den Schiebereglern im Tabsheet unten verschoben werden, mit der Maus gesetzt werden oder durch Eingabe von Koordinaten versetzt werden, und es ist auch hier möglich, den Bereich des Bauteils vor oder nach der Schnittebene auszublenden. Für eine genaue Beschreibung der Möglichkeiten, Schnittebenen zu platzieren siehe Kapitel 6.4. Wenn Sie die Schnittebene mit der Maus setzen wollen, können Sie hier einfach im Anzeigebildschirm rechtsklicken und eine Achse wählen, durch die die Ebene schneiden soll.

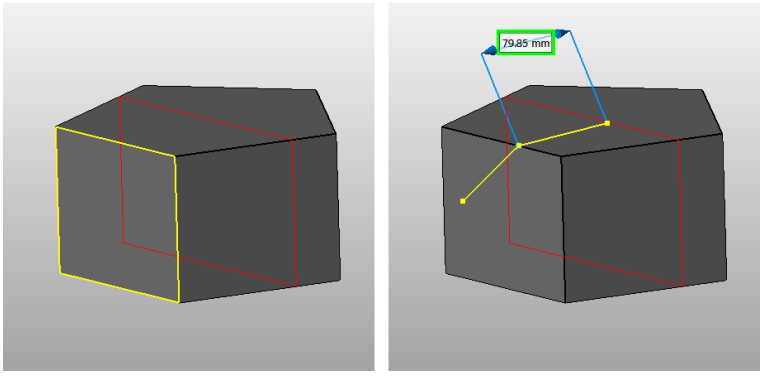


Abbildung 8.6: *Messung zwischen einer Fläche und einem Punkt auf einem Schnitt.*

8.1.2 Ankerpunkte Setzen

Alle Messungen werden über Ankerpunkte definiert. Diese können einfach mit Mausklicks platziert werden. Wenn Sie die linke Maustaste gedrückt halten, können Sie die Maus immer noch bewegen, bevor Sie den Ankerpunkt setzen. Dabei wird bereits eine Vorschau auf die Messung mit dem Messergebnis eingeblendet. Sie ändert sich mit Ihrer Mausbewegung. Ebenso können Sie gleichzeitig noch die Perspektive und den Zoom mit der Maus verändern, so dass Sie die Ankerpunkte sehr genau platzieren können. Der Anker wird erst gesetzt, wenn Sie die linke Maustaste loslassen.

Es gibt verschiedene Optionen zum Setzen von Ankerpunkten:

Punkt auf Fläche: Der Ankerpunkt kann überall auf dem Bauteil platziert werden.

Punkt auf Kante: Der Ankerpunkt wird immer auf einer Kante platziert. Wenn Sie nicht genau auf eine Kante klicken, berechnet das Programm die nächstgelegene Kante und setzt den Ankerpunkt dort.

Eckpunkt: Der Ankerpunkt wird auf dem nächsten Eckpunkt, an dem sich zwei Kanten treffen, gesetzt (Abbildung 8.7).

Punkt auf Schnitt: Der Ankerpunkt wird immer auf die nächste eingeblendete Schnittlinie (s.o.) gesetzt (Abbildung 8.7).

Eckpunkt auf Schnitt: Der Ankerpunkt wird auf den nächsten Eckpunkt einer Schnittlinie gesetzt (Abbildung 8.8).

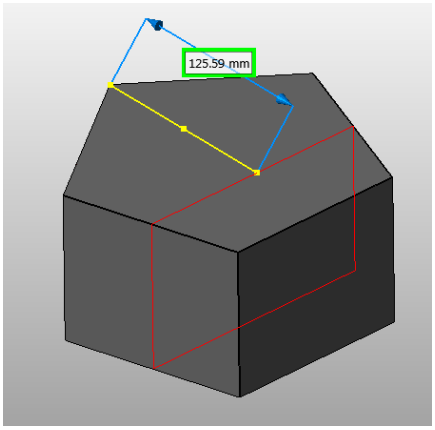


Abbildung 8.7: *Messung von einem Punkt auf einem Schnitt zu einem Eckpunkt.*

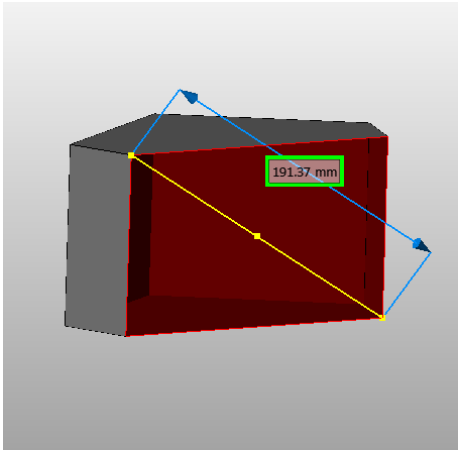


Abbildung 8.8: *Messung zwischen zwei Eckpunkten eines Schnitts.*

Ankerpunkte können durch einen Klick auf das Symbol im Tabsheet im Bildschirm als gelber, quadratische Punkt angezeigt (=Standard) oder ausgeblendet werden. Auch die gelbe Linie, die zu sehen ist, wenn Sie den Messpunkt zur Seite schieben, verschwindet, wenn die Ankerpunkte nicht angezeigt werden.

Ihre Ankerpunkte können benutzt werden, um Messungen jeder Art durchzuführen. Wählen Sie zuerst die gewünschte Messoption und setzen Sie dann die Ankerpunkte. Dabei ist es möglich, zwischen dem Setzen der Punkte die Optionen dafür zu ändern.

Je nachdem, was Sie messen wollen, haben Sie erneut verschiedene Möglichkeiten

8.1.3 Abstand Messen

Mit dieser Option können Sie den Abstand zwischen Punkten, Linien or Flächen messen, je nachdem, welchen Modus Sie mit den Symbolen im Tabsheet wählen (dritte Reihe von Symbolen). Die Modi können die Optionen zum Setzen von Ankerpunkten "überstimmen". Ankerpunkte für Messungen zu Linien werden zum Beispiel grundsätzlich immer auf Kanten gesetzt.

Wandstärke: Damit können Sie, indem Sie einen Anker irgendwo setzen, die Entfernung zur nächsten gegenüberliegenden Wand berechnen. Die Messung wird entlang einer Linie durchgeführt, die an der angeklickten Stelle im rechten Winkel ins Innere des Bauteils führt (Abbildung 8.9).
Mit dieser Option können keine Ankerpunkte an Kanten gesetzt werden.

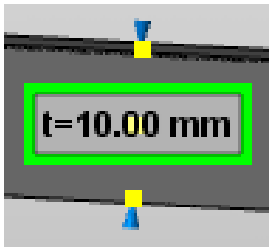


Abbildung 8.9: *Eine Messung der Wandstärke*

Punkt zu Punkt: Es wird ganz einfach die Entfernung zwischen zwei Ankerpunkten gemessen, die Sie mit den Optionen oben beliebig setzen können.

Punkt zu Linie: Es wird die Entfernung zwischen einem beliebigen Punkt und einer Linie berechnet, die entlang einer scharfen Kante verläuft. Die Linie wird jenseits der Eckpunkte dieser Kante verlängert (Abbildung 8.10). Als erstes wird dabei der Ankerpunkt für den Punkt gesetzt, dann der für die Linie. Der Ankerpunkt für die Linie wird immer an die nächstgelegene Kante des Bauteils gesetzt.

Linie zu Punkt: Genauso wie "Punkte zu Linie", nur dass zuerst der Ankerpunkt für die Linie gesetzt werden muss.

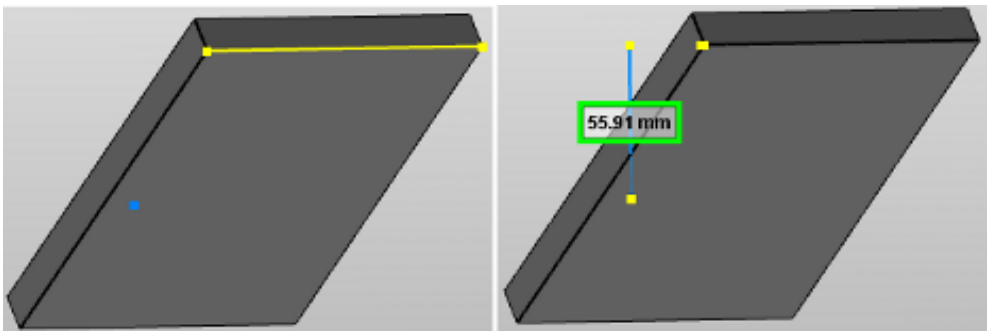


Abbildung 8.10: *Messung zwischen einem Punkt und einer Linie. Die Linie wird über ihre Eckpunkte hinaus verlängert.*

Linie zu Linie: Es wird die kürzeste Entfernung zwischen zwei Linien gemessen. Die Linien führen entlang einer Kante und werden über deren Eckpunkte hinaus verlängert. Wenn sich die zwei Linien schneiden, ist das Ergebnis also 0. Ansonsten werden immer die zwei am nächsten zueinander liegenden Punkte als Ankerpunkte genutzt.

Fläche zu Punkt: Damit wird die Entfernung zwischen einer Fläche und einem beliebigem Punkt berechnet. Klicken Sie zunächst irgendwo auf die Fläche und setzen Sie dann einen Punkt. Die Fläche wird für die Messung über Ihre Kanten hinaus ausgedehnt (Abbildung 8.11).

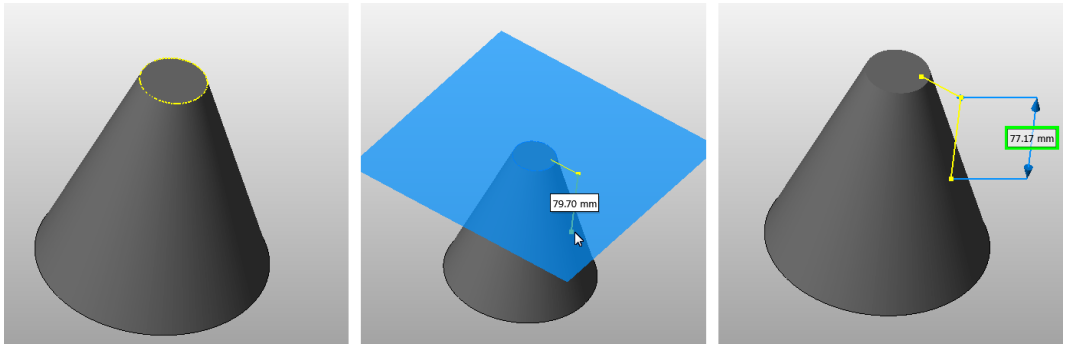


Abbildung 8.11: *Links: Um die Entfernung zwischen einer Fläche und einem Punkt zu messen, klicken Sie zunächst auf die Fläche. Mitte: Wenn Sie beim Setzen des Punktes die linke Maustaste gedrückt halten, wird eine Vorschau auf die gewählte Fläche eingeblendet. Die Fläche wird über Ihre Kanten hinaus ausgedehnt. Rechts: Das Ergebnis der Messung.*

8.1.4 Winkel Messen

Es gibt zwei Methoden, um Winkel zu messen, nachdem Sie auf das Symbol "Winkel messen" klicken: Sie können mit einem Klick auf das jeweilige Symbol aktiviert werden.

Drei Punkte: Damit können Sie beliebige Ankerpunkte setzen. Der erste Punkt bestimmt den ersten Schenkel, der zweite bestimmt den Scheitelpunkt und der dritte bestimmt den zweiten Schenkel. Es wird der Winkel zwischen den beiden Schenkeln berechnet, die vom jeweiligen Ankerpunkt zum Scheitel verlaufen (Abbildung 8.12).

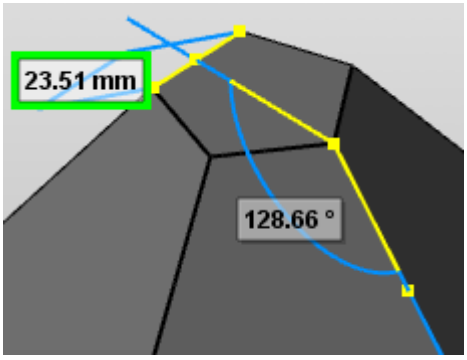


Abbildung 8.12: *Messung eines Winkels zwischen der oberen Fläche und der Seitenkante mit drei Punkten: Zunächst wurde die Länge der gegenüberliegenden Kante gemessen. Der mittlere Ankerpunkt der Messung wird der erste Schenkel der Winkelmessung. Als Scheitelpunkt wird der Eckpunkt zwischen Kante und Fläche benutzt. Als zweiter Schenkel wird ein Punkt auf der Kante gewählt. Daraus resultiert der Winkel zwischen dem Mittelpunkt der Fläche und der Kante.*

Zwei Kanten: Ankerpunkte werden immer auf Kanten gesetzt. Klicken Sie einfach auf zwei Kanten. Es wird der Winkel dazwischen berechnet. Die Kanten werden über ihre Eckpunkte auf dem Bauteil hinaus verlängert. Wenn sich die Kanten nicht schneiden, wird eine der Kanten parallel so verschoben, dass sie sich doch schneiden und ein Winkel berechnet werden kann (Abbildung 8.13).

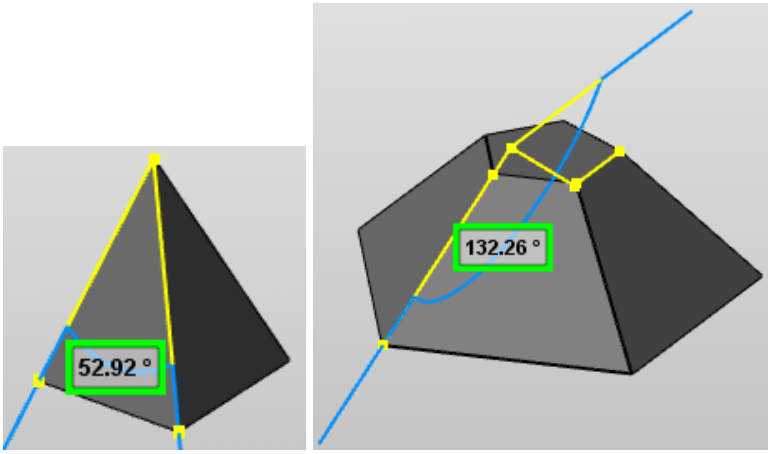


Abbildung 8.13: *Links: Messung eines Winkels durch Anklicken von zwei Kanten. Rechts: Hier schneiden sich die zwei Kanten nicht. Die Kante entlang der oberen Fläche wird parallel verschoben, bis sie sich mit der Seitenkante schneidet.*

8.1.5 Radius Messen

Es ist mit netfabb möglich, den Radius sowohl von Kreisen als auch von Kugeln zu messen. Nach eine Messung wird dabei immer der Durchmesser angegeben. Ankerpunkte können beliebig gesetzt werden:

Kreisbogen: Klicken Sie auf einen Kreis oder auf eine gleichmäßig gerundete Kante auf dem Bauteil. Es wird der Radius dieses Kreises oder dieser Kurve berechnet. Die Kurve muss also keinen kompletten Kreis darstellen (Abbildung 8.14).

Drei Punkte auf Kreis: Setzen Sie drei beliebige Ankerpunkte. Es wird ein Kreis berechnet, der durch diese drei Punkte verläuft. Sein Durchmesser wird gemessen und angegeben (Abbildung 8.15).

Vier Punkte auf Kugel: Setzen Sie vier Ankerpunkte. Es wird eine Kugel berechnet, die durch diese vier Ankerpunkte verläuft und es wird der Durchmesser und der Mittelpunkt dieser Kugel berechnet (Abbildung 8.16).

8.1.6 Notiz hinzufügen

Mit dieser Option können Sie einfache Ankerpunkte setzen, um Notizen einzufügen. In einer Dialogbox können Sie seine Erscheinung hinsichtlich Far-

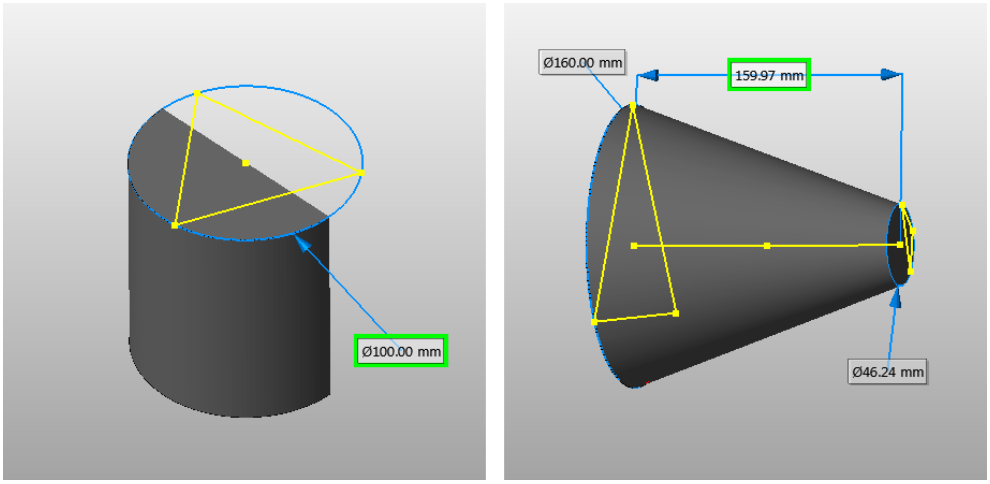


Abbildung 8.14: *Links: Der Durchmesser des Halbkreises wird gemessen durch einen Klick auf den Kreisbogen. Rechts: Hier wurden die Radien von den zwei Kreisen and der Oberseite und an der Unterseite gemessen. Ihr Durchmesser wird angegeben. Neue Ankerpunkte entstehen in der Mitte der Kreise. Diese Ankerpunkte werden genutzt, um die Entfernung der zwei Kreise und somit die Höhe des Kegels zu messen.*

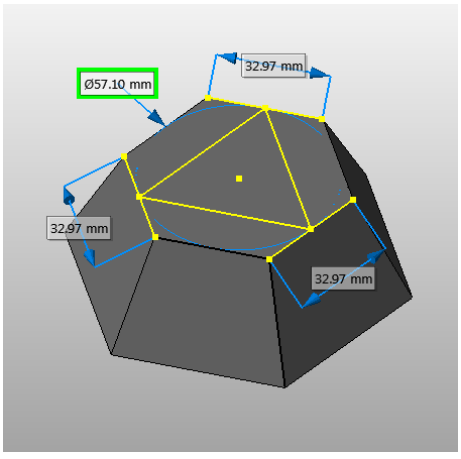


Abbildung 8.15: *Ein mithilfe von drei Punkten gemessener Durchmesser: Zunächst wurden drei Kanten an der Oberseite gemessen, so dass neue Ankerpunkte genau in der Mitte dieser Kanten entstehen. Diese Ankerpunkte werden genutzt, um den Durchmesser eines Kreises zu berechnen, der alle äußeren Kanten berührt.*

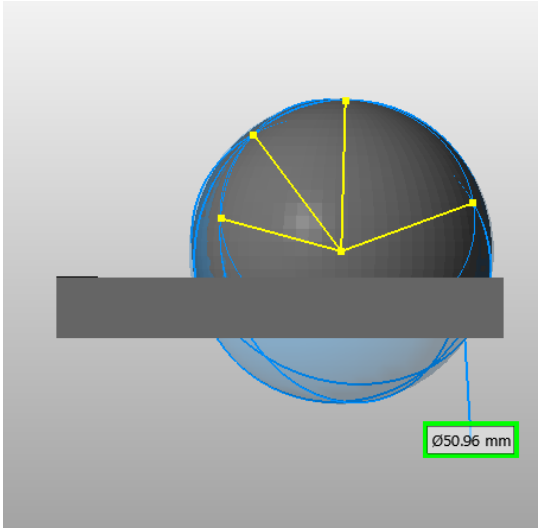


Abbildung 8.16: *Durchmesser einer Kugel, die durch vier Ankerpunkte auf der Halbkugel oben berechnet wird. Im Mittelpunkt dieser Kugel wird ein neuer Ankerpunkt eingefügt.*

be des Pfeils (wenn Sie die Notiz verschieben), Schriftfarbe, Rahmenfarbe, Hintergrundfarbe und Grad der Transparenz des kleinen Textfeldes ändern. Dies ist dem Ändern anderer Messpunkte sehr ähnlich (Abbildung 8.5).

8.1.7 Standardoptionen einstellen

Nach Rechtsklicks auf die Symbole im Tabsheet können Sie Ihre Standardeinstellungen für das Messmodul umstellen. netfabb erinnert sich an die gewählten Optionen zum Setzen von Ankerpunkten und Werkzeuge zum Messen und aktiviert diese beim nächsten Start des Messmoduls. Wählen Sie dafür nach dem Rechtsklick "Diesen Modus als Standard benutzen" oder "Dieses Werkzeug als Standard benutzen" (Abbildung 8.17).

8.1.8 Ansicht sperren und entsperren

Rechts neben der Messung im Projektbaum ist ein kleines Symbol, mit der die Ansicht gesperrt und entsperrt werden kann. Dies betrifft die Perspektive im Messbildschirm und ist nur dann relevant, wenn eine zweite Messung des Bauteils

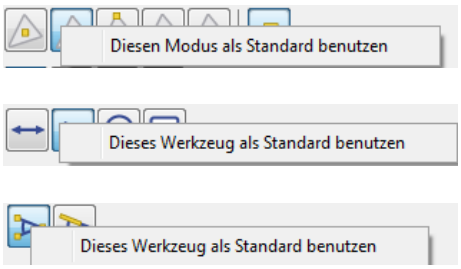


Abbildung 8.17: *Nach einem Rechtsklick auf eine Schaltfläche im Tabsheet können Sie die entsprechende Option zu Ihrer Standardeinstellung machen.*

oder eine Bauteilprüfung zum Bauteil hinzugefügt wurde, und wenn Sie von dort in die erste Messung zurückgehen (durch Klick auf die Messung im Projektbaum).
Wenn die Ansicht nicht gesperrt ist und Sie von einer anderen Messung oder einer Prüfung zurückkehren, wird dessen Perspektive übernommen. In dem Moment, in dem die Ansicht gesperrt wird, merkt sich das Programm die Perspektive Ihrer Messung. Solange die Ansicht dann gesperrt bleibt, übernimmt das Programm diese Perspektive, wann immer Sie zur Messung zurückkehren, unabhängig davon welche Perspektive sie in dieser oder einer anderen Messung oder Bauteilprüfung eingestellt haben.
Auf diese Weise können Sie verschiedene Ansichten für Ihre verschiedenen Messungen und Prüfungen speichern.

8.2 Bauteilprüfung

Das Modul zum Prüfen von Bauteilen kann in der Symbolleiste, im Extras-Menü oder im Extras-Submenü des Kontextmenüs gestartet werden. Im Projekt wird dem ausgewählten Bauteil ein Unterordner für die Prüfung hinzugefügt, in dem verschiedene Elemente zur Verfügung stehen (Abbildung 8.18). Spezifikationen für diese Elemente können im Tabsheet eingestellt werden.
Sie können mit dem Modul Qualitätstests bezüglich der Maße und anderer Eigenschaften von real produzierten Bauteilen durchführen. Beim Testen der Maße dient Ihr Bauteil in netfabb als Referenz. Es können also am echten Bauteil gemessene Werte mit den gewünschten Werten des Bauteils im Programm verglichen werden. Dabei können maximal akzeptable Werte für Abweichungen berücksichtigt werden.

Wenn Sie im Projektbaum auf die Prüfung rechtsklicken, können Sie in einem Kontextmenü die Prüfung umbenennen oder entfernen. Wenn Sie nur ein untergeordnetes Element der Prüfung entfernen wollen, rechtsklicken Sie einfach auf dieses Element und wählen Sie "Entfernen".

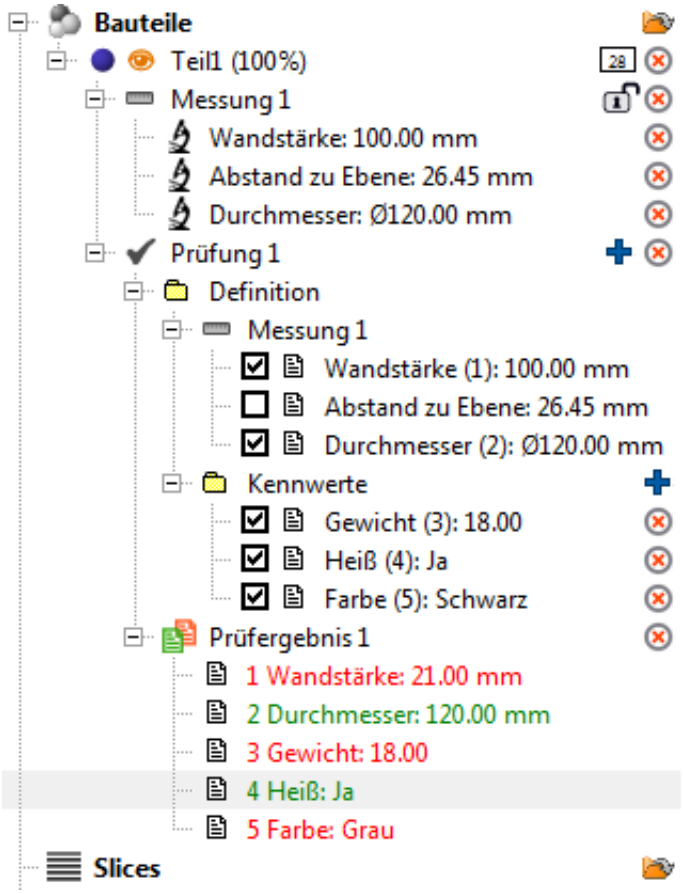


Abbildung 8.18: *Eine abgeschlossene Bauteilprüfung im Projektbaum.*

8.2.1 Definition

Damit Sie brauchbare Prüfergebnisse bekommen, ist es wichtig, die Prüfung genau zu definieren. Dafür gibt es einen eigenen Ordner im Projektbaum, in dem alle Messungen und Messpunkte aufgelistet sind, die mit dem Bauteil durchgeführt wurden. Wenn Sie auf den Ordner "Definition" oder auf eine Messung (den einzelnen Messpunkten übergeordnet) klicken, können Sie in den **allgemeinen Definitionen** Skalierungen in die Berechnung miteinbeziehen, die bei Ihrem Produktionsverfahren zu

erwarten sind bzw. akzeptabel sind und Sie können Werte für Standardtoleranzen eingeben. Dies sind allgemein akzeptable Abweichungen in mm für Entfernungsmessungen, ° für Winkelmessungen und % für Kreismessungen (Abbildung 8.19). Mit der Schaltfläche "Anwenden" werden Ihre angegebenen Werte auf alle einzelnen Mess-Werte berechnet.
Die einzelnen Mess-Operationen (Messpunkte) sind nur Teil der Prüfung, wenn der Haken links neben dem Namen der Operation im Projektbaum gesetzt ist (durch anklicken des Kästchens). Sie sehen zunächst den Referenzwert, der zunächst dem Messergebnis entspricht, aber durch allgemeine Definitionen bereits verändert sein kann. Sie können nun den oberen und unteren Grenzwert für akzeptable Werte individuell für jeden Messpunkt bearbeiten (Abbildung 8.19). Der Offset, der in den allgemeinen Definitionen angegeben wurde, kann durch Optionen in einem Dropdownmenü entweder hinzugefügt oder abgezogen werden. Im unteren Text haben Sie zudem die Möglichkeit, Notizen für diesen Messpunkt zu machen.

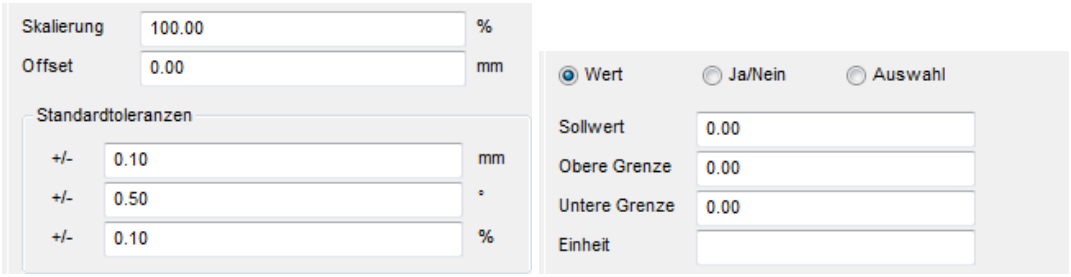


Abbildung 8.19: *Links: Die allgemeine Definition für alle Messungen. Rechts: Die Definition eines einzelnen Messpunkts.*

8.2.2 Kennwerte

Wenn Sie andere Eigenschaften des Bauteils zur Prüfung hinzufügen wollen, klicken Sie zunächst auf den Ordner "Kennwerte" und dann auf die Schaltfläche **Kennwert hinzufügen** oder doppelklicken Sie auf das blaue Plus neben dem Verzeichnis oder rechtsklicken Sie auf das Verzeichnis und wählen Sie "Kennwert hinzufügen" im Kontextmenü.
Damit können Sie zusätzliche Werte definieren. Geben Sie einen Namen für die Eigenschaft ein und wählen Sie eine von drei Möglichkeiten, um die Kriterien zu

definieren: einen exakten Wert, wie bei den Messungen, eine Unterscheidung zwischen "Ja" und "Nein" oder eine Auswahl mehrerer Ausprägungsmöglichkeiten (Abbildung 8.20).

Abbildung 8.20: *Links: Geben Sie einen genauen Wert und Grenzwerte ein. Mitte: Ja oder Nein kann als richtig definiert werden. Rechts: Auswahl aus mehreren Optionen. Wenn Sie auf das Plus klicken, werden Optionen hinzugefügt. Die Option, bei der der Haken gesetzt ist, gilt als richtig.*

8.2.3 Testergebnis

Ein Testergebnis kann auf drei verschiedene Arten hinzugefügt werden: Mit der Schaltfläche "Neu Prüfen", wenn Sie im Projektbaum auf die Prüfung selbst klicken, mit einem Doppelklick auf das blaue Plus neben der Prüfung oder im Kontextmenü, nachdem Sie auf die Prüfung rechtsklicken. Im Ergebnis können Sie auf einen Blick sehen, welche Maße des echten Bauteils innerhalb der definierten Grenzwerte liegen (Abbildung 8.21).

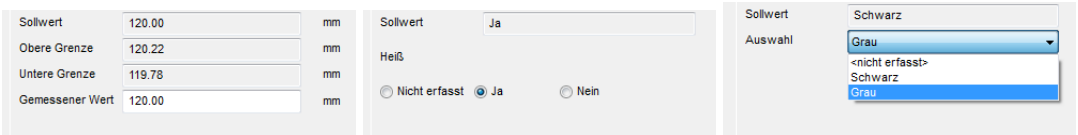


Abbildung 8.21: *Links: Tragen sie den gemessen Wert ein. Mitte: Geben Sie an, ob die Eigenschaft vorhanden ist. Rechts: Wählen Sie die zutreffende Eigenschaft.*

Im Prüfergebnis finden Sie alle in der Definition mit Häkchen aktivierten Messpunkte und Kennwerte wieder. Für jeden Messpunkt und jeden Kennwert müssen die tatsächlich gemessenen Werte eingegeben werden. Wenn diese Werte korrekt oder innerhalb der akzeptablen Grenzwerte liegen, werden die Eigenschaften grün gefärbt, wenn nicht, rot (Abbildung 8.18).

Kapitel 9

Schichtdaten Erstellen und Verwalten

Wenn ein dreidimensionales Bauteil gesliced wird, wird es in sogenannte zweieinhalbdimensionale Schichtdaten (=Slice-Daten) zerlegt. Dies sind Sammlungen zweidimensionaler Schichten. Slice-Dateien sind für viele Additive Fertigungsverfahren unverzichtbar, da viele 3D-Druck-Maschinen keine 3D-Daten lesen können und Schichtdaten als Input benötigen.
Die Schichtdaten bieten zudem eine Visualisierung von Querschnitten durch das Bauteil, und Sie erhalten detaillierte Informationen über das Objekt. Mit dem zusätzlichen Professional Tool Slice Commander können Sie Ihre Schichtdaten auch bearbeiten, bevor Sie sie exportieren.
Für Schichtdaten gibt es einen eigenen Bereich im Projektbaum. Dort können alle Slice-Daten sortiert und organisiert werden, genau wie dreidimensionale Bauteile im Bereich "Bauteile".

9.1 Bauteile Slicen

Bei der Erzeugung von Slice-Dateien wird ein dreidimensionales Objekt in horizontale Schichten mit einer bestimmten Dicke (Schichtstärke) zerlegt. Die Sammlung dieser zweidimensionalen Schichten wird als Slice bezeichnet.
Es können Bauteile oder auch nur bestimmte Bereiche von Bauteilen **mit einer beliebigen Schichtstärke** gesliced werden. Ziehen Sie das Bauteil im Projektbaum herunter in den Bereich "Slices" (Abbildung 9.1). Sie können aber auch das gewünschte Bauteil auswählen und im Extras-Menü oder im Extras-Submenü des Kontextmenüs

"Gewählte Bauteile Slicen" anklicken. Wenn mehrere Bauteile ausgewählt sind, werden Sie alle gleichzeitig gesliced.
Das Bauteil wird dann in einzelne Schichten mit einer bestimmten Schichtstärke zerlegt, die flach in der X-Y-Ebene liegen (Abbildung 9.2).

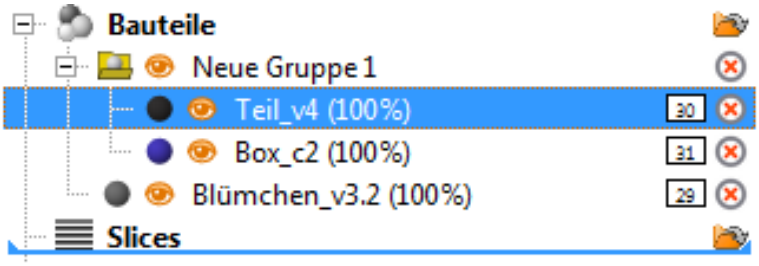


Abbildung 9.1: *Um ein Bauteil zu slicen, verschieben Sie es per drag & drop in den Bereich "Slices" im Projektbaum.*

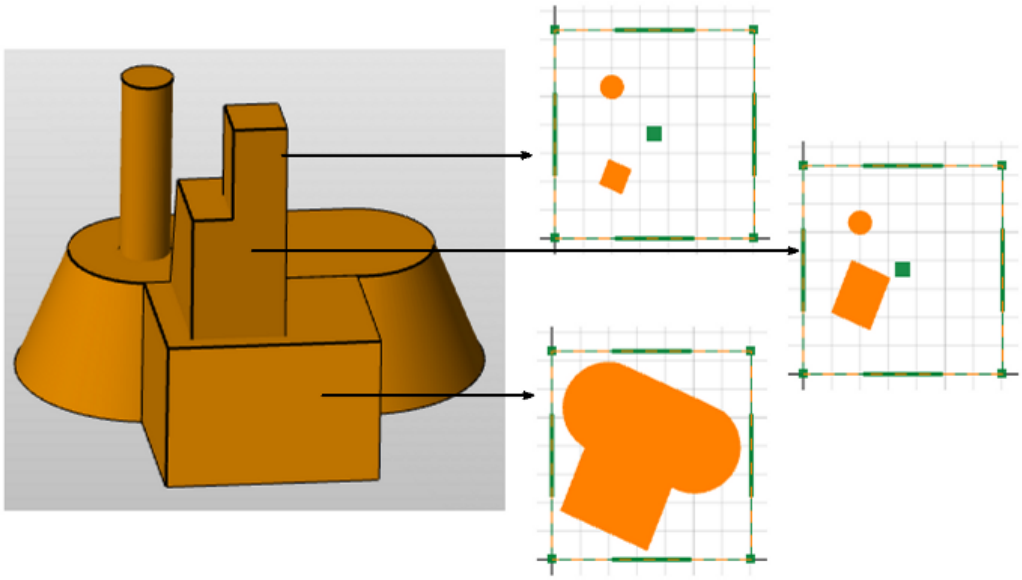


Abbildung 9.2: *Ein dreidimensionales Bauteil (links) und drei seiner Schichten (rechts).*

Für das Slicen müssen drei Parameter in einer Dialogbox eingestellt werden: Die Schichtstärke bestimmt die Dicke und somit auch die Anzahl der Schichten. Die richtige Schichtstärke hängt meist von Ihrem Produktionsverfahren und Ihrer Maschine

ab. Passen Sie sie also an Ihre Maschinespezifikationen an (Abbildung 9.3).
"Start" und "Stop" bestimmen, welcher Bereich des Bauteils gesliced werden soll. Geben Sie dafür den niedrigsten und den höchsten Z-Koordinatenwert des gewählten Bereichs an. Der Bereich dazwischen wird gesliced. Zu Beginn ist ein Bereich eingestellt, der alle ausgewählten Bauteile komplett umfasst.

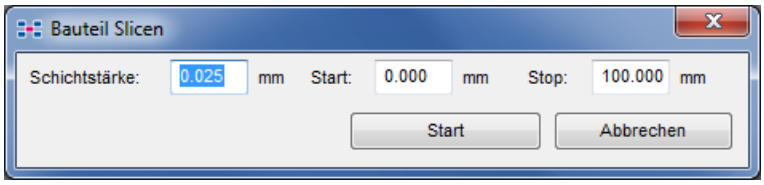


Abbildung 9.3: *Die Dialogbox zum Slicen von Bauteilen.*

9.2 Der Bereich Slices

Nachdem ein Bauteil gesliced wird, werden die Slice-Daten in den Bereich "Slices" im Projektbaum eingefügt und automatisch ausgewählt. Immer wenn eine Slice-Datei ausgewählt ist, wird der Slice Commander geöffnet, ein Modul zum Ansehen, Analysieren, Bearbeiten und Exportieren von Schichtdaten. Die Slice-Daten sind unabhängig von den dreidimensionalen Daten, d.h. es hat keinen Einfluß auf Ihre Originalbauteile, wenn Sie einen Slice verändern.
Der Anzeigebildschirm wird durch einen **zweidimensionalen Bildschirm für Schichtdaten** ersetzt, wo die Slice-Dateien Schicht für Schicht angezeigt werden können. Im Tabsheet, im Kontextmenü des Bildschirms und im Slices-Menü, welches zur Menüleiste hinzugefügt wird, befinden sich verschiedene Ansichts- und Bearbeitungsoptionen für Slice-Dateien (Abbildung 9.4).
Bereits abgespeicherte Slice-Dateien mit verschiedenen Dateiformaten können entweder mit dem Dateivorschaubrowser (Kapitel 3.2.3) oder mit der Option "Slicedatei Öffnen" im Kontextmenü ins Projekt eingefügt werden.

Genauso wie dreidimensionale Bauteile können Slice-Dateien **Gruppen** zugeordnet werden. Diese können im Kontextmenü des Bildschirms oder des Slices-Bereich erstellt werden. Sie erscheinen dann als Unterverzeichnis in diesem Bereich. Slice-Dateien können genauso wie dreidimensionale Objekte im Bauteile-

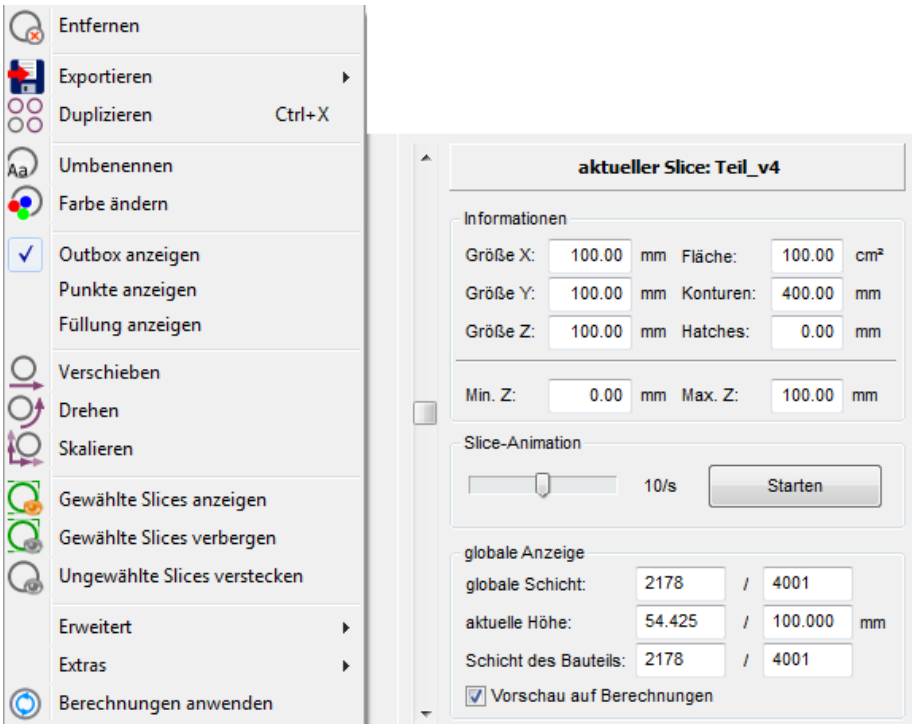


Abbildung 9.4: *Das Kontextmenü (mit dem Professional Tool Slice Commander) und das Tabsheet für Slices.*

Bereich per *drag & drop* in die Gruppe hinein und aus der Gruppe heraus verschoben werden (Kapitel 5.7)

Im Kontextmenü können Slice-Dateien **dupliziert** werden. Dabei wird eine genaue Kopie der Slice-Datei rechts neben dem Original eingefügt.

Wenn Sie eine **Slice-Datei entfernen** wollen, doppelklicken Sie entweder auf das rote X rechts neben dem Slice im Projektbaum, wählen Sie "Entfernen" im Kontextmenü oder drücken Sie einfach die Entfernen-Taste, wenn der Slice ausgewählt ist. Wenn Sie im Kontextmenü "Alle entfernen" wählen, werden alle Schichtdaten im Slice Commander gelöscht.

9.3 Aktuelle Slicedatei

Im Tabsheet finden Sie Informationen über die aktuell ausgewählte Slice-Datei, bzw., wenn mehrere ausgewählt sind, über die zuletzt angeklickte Slice-Datei.

Die Informationen beinhalten den **Namen** des Slice, welche **Schicht** gerade **angezeigt** wird und die **Gesamtanzahl der Schichten**. Die **Skalierung** zeigt einen Skalierungsfaktor für die drei Achsen, wobei 1.00 für die Originalgröße des Slice bei dessen Erzeugung steht. Wenn Sie den Slice skalieren (siehe unten), ändert sich dieser Faktor. Die **Verschiebung** definiert die Position des Slice. Es wird für jede Achse der Koordinatenwert angegeben, an dem die Outbox, eine rechteckige Box um den Slice, beginnt. Die **Drehung** fasst alle durchgeführten Rotationsbewegungen seit Erzeugung des Slice zusammen.
Darunter wird nochmal die Position sowie die **Größe des Bauteils** angegeben. Es wird der kleinste Koordinatenwert (MinP) und der größte Koordinatenwert (MaxP) des Slice entlang der drei Achsen angegeben sowie die Anzahl der Konturen in der aktuell angezeigten Schicht. Eine Kontur ist eine zusammenhängender Bereich einer Schicht (Abbildung 9.5).

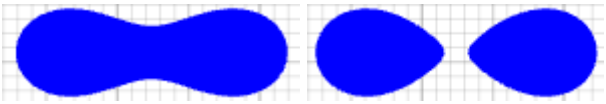


Abbildung 9.5: *Zwei Schichten eines aufgestellten Torus, links mit einer Kontur und rechts mit zwei Konturen.*

Mit dem Schieberegler auf der linken Seite des Tabsheets können Sie einstellen, **welche Schicht angezeigt wird**. Sie können aber auch die Alt-Taste halten und mit der **Rolltaste der Maus durch die Schichten scrollen**. Wenn Sie eine **Slice Animation** starten, zeigt der Slice Commander nacheinander alle Schichten an. Er scrollt durch die Schichten mit der gewählten Geschwindigkeit in Schichten pro Sekunde.
In der **globalen Anzeige** wird angegeben, welche Schicht gerade angezeigt wird und wie viele Schichten das **gesamte Arrangement der Slice** hat. (Im Vergleich zur Angabe oben, die sich nur auf den ausgewählten Slice bezieht). Verschiedene Slice-Dateien können sich bestimmte Schichten teilen, wenn sie nebeneinander sind und gemeinsame Z-Koordinaten haben.
Wenn Sie den Haken **Vorschau auf Berechnungen** unten gesetzt haben, wird das Ergebnis von Operationen angezeigt, die mit Slice-Dateien durchgeführt wurden. Allerdings kann mit dieser Option das Scrollen durch Schichten sehr viel Berechnungszeit erfordern.

Weitere Informationen über Slice-Dateien erhalten Sie mit der Option **Volumen anzeigen** im Kontextmenü, wenn Sie auf ein ausgewähltes Bauteil rechtsklicken. Damit wird das Volumen eines Bauteils berechnet, basierend auf der Slice-Datei.

9.4 Slice-Auswahl und Positionierung

Der Slice Commander bietet verschiedene Optionen zum **Ansehen, Positionieren und Bearbeiten von Schichtdaten**. Diese Funktionen werden auf alle Schichten von ausgewählten Slice-Dateien angewandt.

9.4.1 Slice-Auswahl

Genauso wie dreidimensionale Bauteile im Standardmodul müssen Slice-Dateien zum Bearbeiten **ausgewählt** werden. Die Auswahl von Schichtdateien kann ähnlich zusammengestellt werden wie die Auswahl von Bauteilen im dreidimensionalen Raum (Kapitel 5.2).
Slice-Dateien werden ausgewählt, wenn Sie im Bildschirm auf eine ihrer Konturen oder Hatchlinien klicken, auf ihren Namen im Projektbaum klicken oder indem Sie per *drag & drop* ein Auswahlrechteck um die auszuwählenden Slice-Dateien ziehen. Ausgewählte Slice-Dateien werden immer von einer grünen, rechteckigen Selektionsbox umrahmt, deren Ecken und deren zentraler Bereich der Kanten hervorgehoben werden.
Wenn Sie während der Auswahl von Schichtdaten Shift gedrückt halten, werden Slice-Dateien zur Auswahl hinzugefügt. Wenn Sie Strg gedrückt halten, können Slice-Dateien sowohl zur Auswahl hinzugefügt oder von der Auswahl entfernt werden. Wenn Sie die Slice-Dateien im Projektbaum auswählen, hat Shift eine etwas andere Funktion: Es werden alle Dateien zwischen der zunächst ausgewählten und jetzt angeklickten Datei ausgewählt.
Die Option **Slices zusammenfügen** im Kontextmenü vereint alle ausgewählten Slice-Dateien. Sie werden zu einer Slice-Datei, die alle Konturen und Hatchlinien der Originale enthalten. Auch sich überlappende Konturen bleiben unverändert.
Sehr wichtig ist, wann immer Sie Slice-Dateien bearbeiten, zum Beispiel zusammenfügen, können Sie die Operation mit der Funktion **Gruppierung aufheben** im Kontextmenü nach Rechtsklick auf die betreffende Datei wieder rückgängig machen.

Dabei wird der aus der Operation resultierende Slice entfernt und eine neue Gruppe mit den Original-Slice-Daten in den Projektbaum eingefügt.

9.4.2 Slice-Ansichtsoptionen

Der augenscheinlichste Unterschied in der Ansicht beim Slice Commander ist, dass der Bildschirm mit einem Koordinatensystem und einem karierten Untergrund unterlegt ist. Schichtdaten werden aus der Senkrechten in der X-Y-Ebene liegend angezeigt. Wenn im Ansicht-Menü die Option "Bauraum anzeigen" aktiviert ist, wird der Umriss des Bauraums auch im Slice Commander angezeigt (Abbildung 9.6). Diese Anzeigeoption kann sehr hilfreich sein, wenn Sie bei der Vorbereitung eines 3D-Drucks Ihre Baudaten positionieren, vor allem in Kombination mit der Option "Outbox anzeigen" (siehe unten). Der Bauraum wird nur in den Schichten angezeigt, in denen er auch wirklich ist.

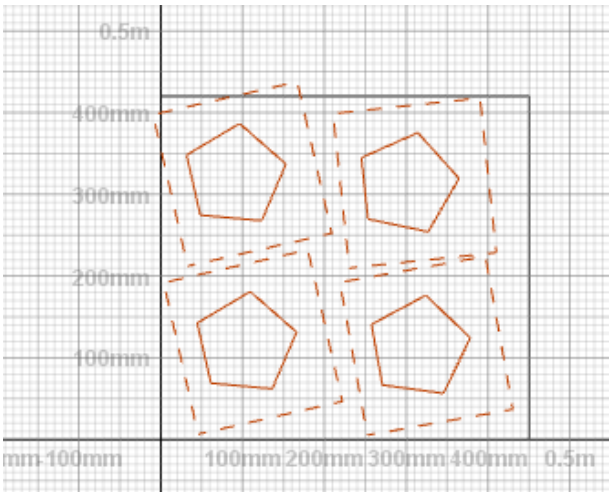


Abbildung 9.6: *Der Bildschirm im Slice Commander, mit dem Koordinatensystem, dem Bauraum und vier Slice-Dateien, bei denen die Outbox angezeigt wird. Dank der Outbox des linken oberen Slice ist sichtbar, dass diese Datei aus dem Bauraum hinausragt.*

Unterhalb des Bildschirms wird die Position des Mauscursors angegeben (Abbildung 9.7). Die Koordinaten der Z-Achse hängen dabei von der angezeigten Schicht ab (was man mit dem Schieberegler im Tabsheet ändern kann).

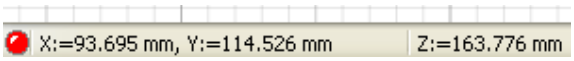


Abbildung 9.7: *Die Koordinaten des Mauscursors unterhalb des Anzeigebildschirms.*

Zoom-Optionen im Slice Commander

Da die Slice-Schichten zweidimensional sind, ist es nicht nötig und nicht möglich, die Perspektive zu ändern. Abgesehen davon sind die Ansichtsoptionen denen im dreidimensionalen Raum aber sehr ähnlich.
Sie können die **Ansicht verschieben**, indem Sie die mittlere Maustaste gedrückt halten und die Maus bewegen. Wenn Sie keine mittlere Maustaste haben, halten Sie einfach Shift und die recht Maustaste gedrückt.
Mithilfe der Rolltaste der Maus **den Zoom verändern**. Wenn Sie keine Rolltaste haben, halten Sie Strg und die rechte Maustaste und bewegen Sie die Maus nach oben und unten.

Zudem gibt es vier **Standard-Zoomoptionen** in der Symbolleiste: **Zoom auf ausgewählt Slice-Dateien, , Zoom auf Alles** und **Zoom auf gewählten Bereich**. Mit dieser letzten Option können Sie ein Zoomrechteck mit der Maus ziehen.

Visualisierung von Schichtdaten

Visualisierungoptionen für Schichtdaten sind das Verstecken und Anzeigen von Slice-Dateien, das Ändern der Farbe sowie drei verschiedene Anzeigeoptionen im Kontextmenü.
Slice-Dateien können **versteckt oder angezeigt** werden, indem Sie auf das Auge neben dem Namen des Slice im Projektbaum klicken. In unübersichtlichen Projekten kann es hilfreich sein, Slice-Dateien zu verstecken, die für den Moment keine Rolle spielen.
Die Farbe kann mit einer Option im Kontextmenü geändert werden. Sie funktioniert genauso wie das Ändern der Farbe von dreidimensionalen Bauteilen (Kapitel 5.7,Kapitel 10.1).
Im Kontextmenü nach Rechtsklick auf einen ausgewählten Slice finden Sie zudem folgende Optionen für deren Visualisierung (Abbildung 9.8):
Die Outbox ist die äußere Begrenzung der Slice-Datei: Sie ist immer rechteckig und

umschließt auch die Schichten mit dem größtem Umfang. Wenn der Slice gedreht wird, dreht sich die Outbox mit. Wenn **Outbox anzeigen** aktiviert ist, wird die Outbox mit einer gestrichelten Linie angezeigt. Dies ist vor allem relevant, wenn der Slice nicht mehr ausgewählt und keine Selektionsbox mehr angezeigt wird.
Mit **Punkte anzeigen** werden alle Eckpunkte und Enden von Hatchlinien mit einem kleinen, quadratischen Punkt hervorgehoben. Das beinhaltet oft auch Punkte auf geraden Linien, die entstehen, wenn an dieser Stelle im dreidimensionalen Bauteil eine Dreieckskante verlief. Mit dem zusätzlichen Professional Tool "Slice Commander" können diese unnötigen Punkte reduziert werden (Kapitel 9).
Die Option **Füllung anzeigen** zeigt ein kleines Gitternetz im Inneren von geschlossenen Konturen an. In den Einstellungen können Sie die Rastergröße ändern und haben die Möglichkeit, nur Linien in einer Richtung anzuzeigen (Kapitel 10). Mit Standardoptionen ist der Abstand sehr gering und Sie müssen hineinzoomen, um die Linien zu erkennen. Ansonsten sehen Sie einfach nur eine Fläche (Abbildung 9.9).

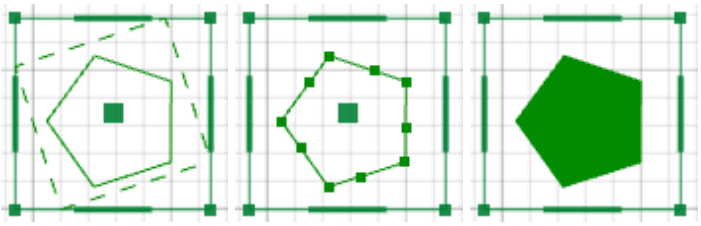


Abbildung 9.8: *Links: Selektionsbox (außen) und Outbox (innen) eines gedrehten Slice. Mitte: Die Punkte werden angezeigt. Rechts: Die Füllung wird angezeigt.*

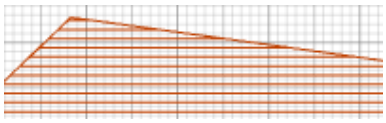


Abbildung 9.9: *Mit verstärktem Zoom können die Linien der Füllung erkannt werden.*

9.4.3 Verschieben, Drehen, Skalieren und Spiegeln

Das Positionieren von Slice-Dateien ist dem dreidimensionalen Bauteilen sehr ähnlich. Sie können Slice-Dateien entweder per *drag & drop* verschieben, drehen

und skalieren, oder indem Sie genaue Werte in einer Dialogbox eingeben (Abbildung 9.11). Wenn Sie sie per *drag & drop* positionieren, werden schon während der Operation die Werte für die Skalierung, Verschiebung und Drehung im Tabsheet live aktualisiert.

Ausgewählte Slice-Dateien können per *drag & drop* in der X-Y-Ebene **verschoben** werden, wenn Sie entweder auf einen nicht hervorgehobenen Bereich der Selektionsbox oder auf das grüne Kästchen in der Mitte des ausgewählten Slice klicken. Sie können aber auch in der Symbolleiste oder im Kontextmenü auf die Option **Verschieben** klicken. Eine Dialogbox erscheint, in der Sie genaue Koordinaten entlang der drei Achsen eingeben können. Wenn die Option "Relativ" aktiviert ist, stehen die Koordinaten für die Verschiebung von der gegenwärtigen Position aus, wenn nicht, stehen Sie für die absolute Position vom Nullpunkt aus gerechnet (Abbildung 9.10). Bestätigen Sie die Verschiebung durch einen Klick auf "Anwenden". Wenn das Feld "Fenster geöffnet lassen" markiert ist, können Sie Änderungen vornehmen, auf "Verschieben" klicken und der Dialog bleibt geöffnet. So können Sie das Bauteil immer wieder sofort bewegen.

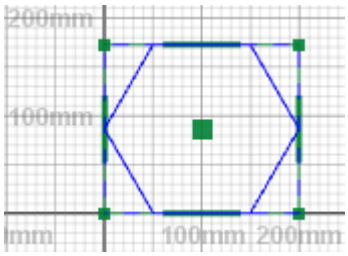


Abbildung 9.10: *Ein Slice mit den Koordinaten X=0, Y=0.*

Das **Drehen von Slice-Dateien** kann per *drag & drop* durchgeführt werden, wenn Sie auf die Eckpunkte der Selektionsbox klicken und die Maus bei gedrückter linker Maustaste verschieben. Wenn Sie dabei Strg gedrückt halten, werden die Slice-Daten in 10° Schritten gedreht, wenn Sie Shift gedrückt halten, in 45° Schritten. Wenn Sie in der Symbolleiste oder im Kontextmenü auf "Drehen" klicken, können Sie mit der Option "Relativ" den Winkel eingeben, um den die Slice-Datei im Uhrzeigersinn gedreht wird. Ohne die Option "Relativ" wird eine bisherige Drehung von 0° als Ausgangspunkt genommen, zuvor durchgeführte Drehungen werden ignoriert. Bestätigen Sie die Drehung durch einen Klick auf "Anwenden". Wenn das Feld "Fenster

geöffnet lassen" markiert ist, können Sie Änderungen vornehmen, auf "Verschieben" klicken und der Dialog bleibt geöffnet. So können Sie das Bauteil immer wieder sofort bewegen.

Auch das **Skalieren von Slice-Dateien** kann per *drag & drop* oder mithilfe einer Dialogbox durchgeführt werden. Klicken Sie auf den mittleren Bereich der Seiten der Selektionsbox und ziehen Sie sie nach außen oder innen, um den Slice zu vergrößern oder zu verkleinern. Wenn Sie Strg gedrückt halten, bleibt der Mittelpunkt des Slice an der selben Stelle. Wenn nicht bleiben die Koordinaten der gegenüberliegenden Kante gleich. Mit der Option "Skalieren" in der Symbolleiste oder im Kontextmenü können Sie in der Dialogbox einen Skalierungswert für die X- und Y-Koordinaten und einen für die Z-Koordinaten eingeben: einen Faktor (z.B. verdoppelt Faktor 2 die Bauteilgröße), einen Prozentsatz oder Sie definieren die tatsächliche Bauteilgröße. Bestätigen Sie die Skalierung durch einen Klick auf "Anwenden". Wenn das Feld "Fenster geöffnet lassen" markiert ist, können Sie Änderungen vornehmen, auf "Verschieben" klicken und der Dialog bleibt geöffnet. So können Sie das Bauteil immer wieder sofort bewegen.

Die Funktion **Spiegeln** befindet sich im Kontextmenü unter "Erweitert". Wie in den Handling-Funktionen oben können Sie die aktuelle Auswahl, Größe und Position überprüfen. Dann entscheiden Sie, ob Sie es entlang der X- oder Y-Achse spiegeln wollen. Darüber hinaus ist es auch noch möglich die X- und Y-Werte für eine bestimmte Spiegelebene zu definieren. Die Scheiben werden entlang der Achse gespiegelt und in der selben Position wie das Originalteil platziert. Um das ursprüngliche Bauteil zu behalten, deaktivieren Sie einfach das Feld "Originalbauteil löschen". Wenn Sie mehrere Änderungen nach einander machen wollen, ist es empfehlenswert, das Fenster geöffnet zu lassen. Nun bestätigen Sie Ihre Berechnungen mit "Spiegeln".

9.4.4 Merging and Grouping

Wenn zwei oder mehrere Teile ausgewählt werden, können Sie die einzelnen Teile miteinander vereinen und es entsteht *ein* Bauteil. Die ursprünglichen Formen bleiben erhalten und können später wieder getrennt werden.

Im Kontextmenü unter "Erweitert" gibt es die Funktion "Slices zusammenfügen": Die Modelle werden zu *einem* Modell, das alle Konturen des Originals

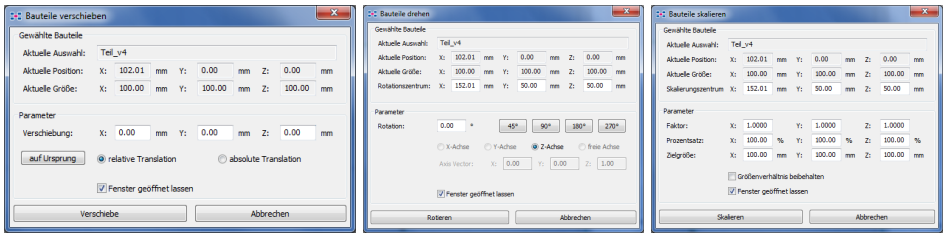


Abbildung 9.11: *Die Dialogboxen für das Verschieben, Drehen und Skalieren von Slice-Dateien.*

beinhaltet. Sich überschneidende Konturen bleiben erhalten.

Mit **Gruppierung aufheben** können Sie die Teile wieder voneinander trennen. Danach werden die Modelle, die sich aus der Trennung ergeben, in eine neue Gruppe einsortiert.

9.5 Edit Slices

Viele dieser Funktionen stehen in der dreidimensionalen Datenverwaltung zur Verfügung. Doch im "Slice Commander" haben Sie den Vorteil, dass Berechnungen viel schneller durchgeführt werden, da komplizierte 3D-Aufgaben durch 2D-Aufgaben ersetzt werden. Dies reduziert die Komplexität der Datenverarbeitung.
Die Ergebnisse der Bearbeitung von Schichten werden sogleich angezeigt, wenn das Feld "Vorschau auf Berechnungen" an der Unterseite des Tabsheets aktiviert ist. Ist der Haken nicht gesetzt, werden die ursprünglichen Schichten angezeigt, bis die Berechnungen neu angewendet werden.

Die Berechnungen können mit der Funktion **Berechnungen anwenden** im Kontextmenü umgesetzt werden. Bitte beachten Sie, dass die Berechnungen automatisch angewandt werden, wenn Sie die Schichten exportieren.

9.5.1 Bool'sche Operationen & Entfernen von Selbstüberschneidungen

Wird ein Teil ausgewählt, das Selbstkreuzungen enthält, können Sie sie auch in den Schichtdaten entfernen. Wenn zwei oder mehrere Teile ausgewählt werden, können Bool'sche Operationen durchgeführt werden. Sie finden beide Funktionen im Kon-

textmenü unter Extras. Wenn ein Teil ausgewählt ist, finden Sie die Funktion "Selbstüberschneidungen entfernen", wenn mehrere Teile ausgewählt sind, wird stattdessen die Schaltfläche "Bool'sche-Operation" angezeigt.

Die **Bool'sche Operation** ermöglicht es, überlappende Modelle zusammenzuführen oder voneinander zu subtrahieren (figure 9.12).

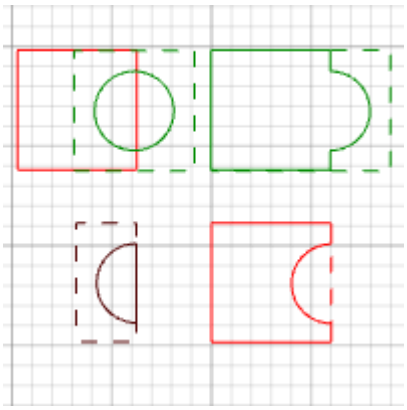


Abbildung 9.12: *Oben links: Zwei sich überlappende Modelle. Oben rechts: Eine Vereinigung von Modelle. Unten links: Der Schnittpunkt der Modelle. Unten rechts: Ein Modell vom anderen abgezogen.*

Es erscheint eine Dialogbox, in der die ausgewählten Slice-Dateien auf die zwei Felder "Addieren" und "Subtrahieren" verteilt werden können. Zu Beginn befinden sich alle im Feld "Addieren". Wenn Sie eine Datei anklicken und dann auf den Pfeil, der in Richtung des anderen Feldes zeigt klicken, wird die Datei verschoben. Wenn Sie auf das X klicken, wird die ausgewählte Datei entfernt.

Zum **Vereinigen von Slice-Dateien**, müssen sich alle Dateien im linken Feld "Addieren" befinden. Führen Sie die Aktion mit der Schaltfläche "Boolean durchführen" aus (Abbildung 9.13).

Wenn Sie den **Durchschnitt aller ausgewählten Slice-Dateien bilden** wollen, wählen Sie im Kontextmenü die Option "Durchschnitt bilden" anstatt der Boolschen Operation. Bei dieser Funktion bleiben nur die Schnittmenge aller ausgewählten Slice-Dateien übrig (Abbildung 9.13).

Um **Slice-Dateien voneinander abzuziehen**, müssen Sie im Dialog für die Boolschen Operationen diejenigen Dateien, die abgezogen werden sollen, in das Feld "Subtrahieren" verschieben. Es wird eine Vereinigung aller Slice-Dateien im Feld

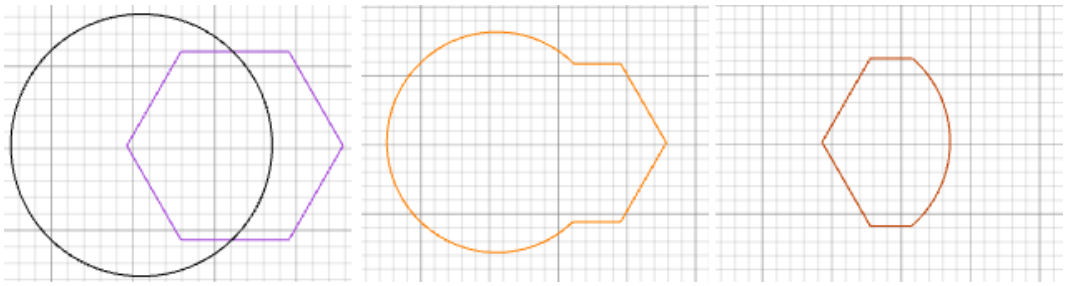


Abbildung 9.13: *Links: Zwei sich überlappende Slice-Dateien. Mitte: Eine Vereinigung. Rechts: Der Durchschnitt.*

"Addieren" erzeugt, von der dann die Slice-Dateien im Feld "Subtrahieren" abgezogen werden. Auch die Bereiche, bei denen ein Slice aus dem Feld "Addieren" und ein Slice aus dem Feld "Subtrahieren" überlappen, verschwinden (Abbildung 9.14). Um das Ergebnis der Operation sehen zu können, muss die Option "Vorschau auf Berechnungen" aktiviert sein. Die Berechnungen werden automatisch beim Export oder mit der Funktion "Berechnungen durchführen" endgültig ausgeführt (siehe oben).

Wenn Dreiecke oder Oberflächen von einem Teil sich durchschneiden, wird dies **Selbstüberschneidung** genannt. Wählen Sie das Teil mit der rechten Maustaste aus und öffnen sie "Extras". Mit einem Klick auf **Selbstüberschneidungen entfernen**, werden die Überschneidungen aufgeteilt und Innenhüllen und Doppelflächen entfernt. Die Außenflächen werden dann verbunden und eine gültige Hülle erstellt.

9.5.2 Erzeuge Offset

Mit dem Slice Commander ist es auch möglich Offsets nach außen oder nach innen zu erstellen. Dabei wird von jeder einzelnen Schicht ein zweidimensionaler Offset erstellt. Mit dem Offset können zum Beispiel Ungenauigkeiten kompensiert werden, die bei der Produktion zu erwarten sind.
Mit der Funktion **Erzeuge Offset** im Kontextmenü erscheint eine Dialogbox zum Erzeugen eines Offsets des ausgewählten Slice (Abbildung 9.15). Es wird ein neuer Slice erschaffen, bei dem die Form der Schichten auf dem Originalslice basiert, nur dass die Konturen nach außen oder nach innen verschoben sind. In der Dialogbox können Sie den Abstand zu den Originalkonturen sowie die Rundheit der Kurven,

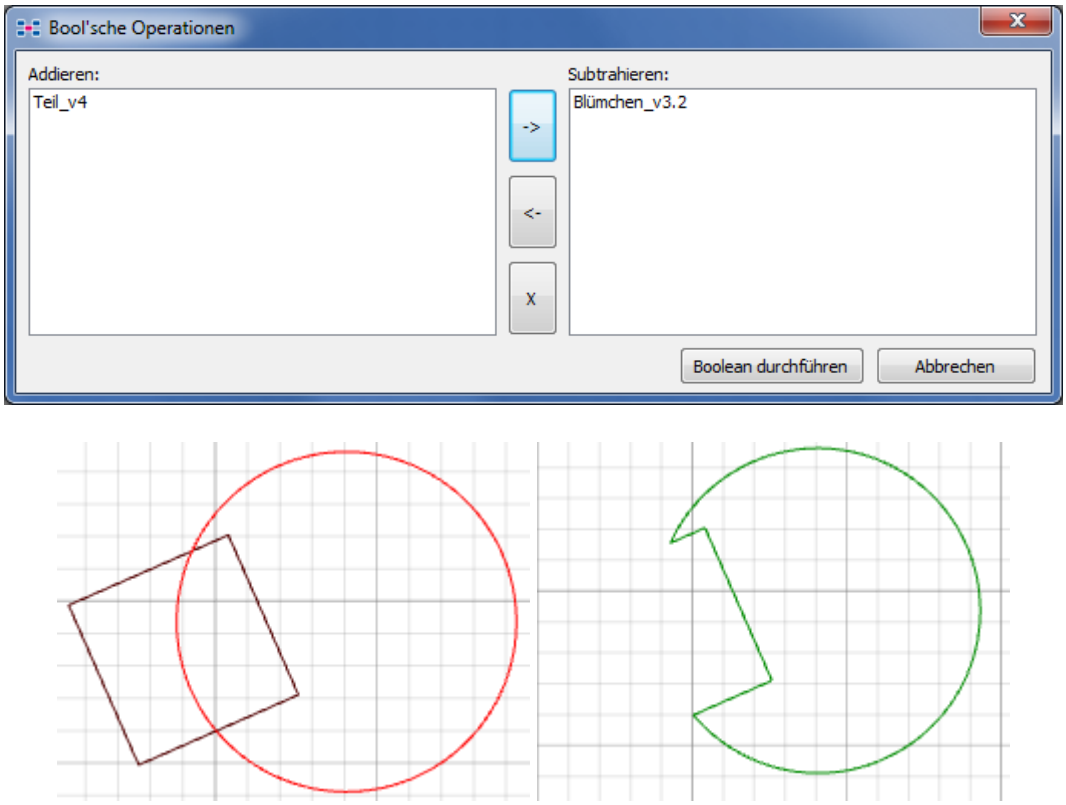


Abbildung 9.14: *Oben: Die Einstellungen für die Boolsche Operation. Der Würfel soll vom Zylinder abgezogen werden. Unten links: Die zwei sich überlappenden Slice-Dateien vor der Boolschen Operation. Unten rechts: Der aus der Operation resultierende Slice.*

die eine Ecke des Originals umrunden, einstellen und Sie können wählen, ob Sie einen Offset nach innen oder nach außen erzeugen wollen.

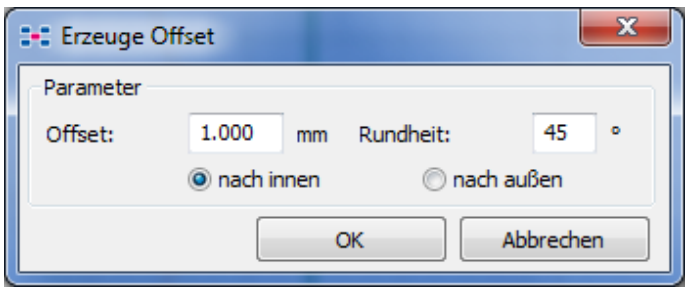


Abbildung 9.15: *Die Dialogbox für das Erzeugen eines Offsets im Slice Commander.*

Die Rundheit ist nur relevant, wenn der Offset eine Kurve hat, also bei äußeren Ecken bei Außenoffsets und bei Ecken nach innen bei Innenoffsets. Bei einem Innenoffset wird bei einer äußeren Ecke einfach eine neue Ecke mit dem gleichen Winkel erzeugt (Abbildung **??**).
Der Winkel, den Sie für die Rundheit einstellen, ist der maximale Winkel zwischen zwei benachbarten Eckpunkten des Slice, wobei der Eckpunkt des Originalslice den Scheitelpunkt des Winkels bildet. Die Offsetkurve wird also runder, wenn der Winkel reduziert wird (Abbildung 9.16).

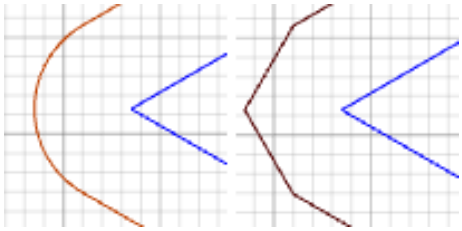


Abbildung 9.16: *Eine Ecke mit der Rundheit 1° (links) und 90° (rechts)*

Wenn Sie auf "OK" klicken, wird zunächst ein roher Offset geschaffen. Dieser besteht einfach nur aus Linien, die parallel zu den Konturlinien des Originalslice verlaufen. Es werden zudem Linien eingeblendet, die die Endpunkte der parallelen Linie mit den Eckpunkten des Originalslice verbinden (Abbildung 9.17). Bei Ecken, die der Offset umrundet, werden auch schon die Verbindungslinien entsprechend der Rundheit eingefügt.
Wenn die Option "Vorschau auf Berechnungen" im Tabsheet aktiviert ist, wird eine Vorschau der fertigen Offsets anstatt des rohen Offsets eingeblendet. Der Offset wird mit der Option "Berechnungen anwenden" im Kontextmenü fertiggestellt. Beim Exportieren des Slice werden die Berechnungen automatisch angewandt. Sie können also während Sie mit dem Slice arbeiten noch auf das Anwenden der Berechnungen verzichten und störende Rechenzeiten zwischendurch vermeiden.

9.5.3 Punkte reduzieren

Diese Funktion entfernt überflüssige Punkte aus einer Linie und verringert dadurch die Größe der Datei. Oft sind das Punkte zwischen Hatches mit einem flachen Winkel, die sich möglicherweise aus Dreieck-Kanten auf flachen Oberflä-

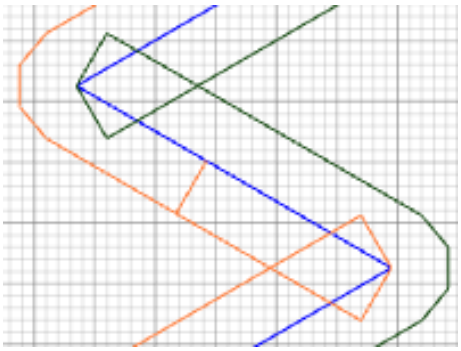


Abbildung 9.17: *Raw offsets*

chen von dreidimensionalen Dateien ergeben (figure 9.18). An jedem Platz, wo sich eine Schicht und solch eine Dreieckskante kreuzt, wird ein Eckpunkt hinzugefügt und ein Hatch begonnen.

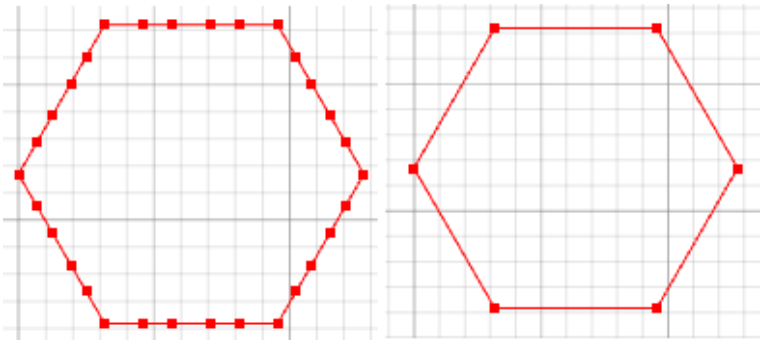


Abbildung 9.18: *Unnötige Punkte werden entfernt.*

Die Punkte werden angezeigt, wenn Sie die Funktion "Punkte anzeigen" im Kontextmenü des Modells aktivieren (Kapitel 9.4.2).
Netfabb berechnet, wie weit jeder Punkt von einer potenziellen Hatchlinie, die zwei benachbarten Punkte vebindet, entfernt ist. Wenn der Abstand kleiner als ein bestimmter Wert ist, wird der Punkt entfernt und eine neue Linie hinzugefügt. Die maximale Entfernung vom alten Punkt und der neuen Linie ist definiert durch die maximale Deformation, die Sie im Dialogfeld vor der Durchführung der Operation festlegen (Abbildung 9.19).
Die Absicht dieser Funktion ist es, die Komplexität des Modells zu reduzieren (Abbildung 9.18, 9.20). Jedoch Kurven können dadurch weniger rund sein, Sie sollten

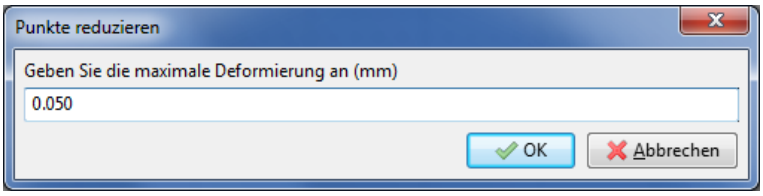


Abbildung 9.19: *Stellen Sie in dieser Dialogbox die maximale Deformation ein.*

also bedenken, die maximale Deformation nicht zu hoch einzustellen.

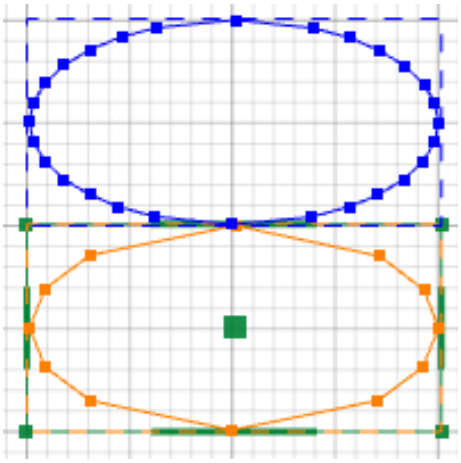


Abbildung 9.20: *Die Kurve ist etwas ungenauer als vor der Punktereduktion.*

9.6 Füllung bearbeiten

9.6.1 Füllung erstellen

Es gibt Maschinen auf dem Markt, die die Schichtdaten lesen und automatisch füllen. Es gibt aber auch solche, die einen exakten Toolpath für den Laser und damit eine eigens definierte Füllung benötigen. Wählen Sie dazu **Erzeuge Füllung** im Extras-Untermenü.

Im neuen Dialogfenster sind drei Hatch-Modi verfügbar. Beim **einfachen Hatchen** wird das Modell mit geraden, durchgehenden Linien gefüllt. Die **rechteckigen Inseln** teilt die Schichten in Rechtecke ein und füllt sie abwechselnd mit vertikalen und

horizontalen Linien. Der dritte Modus, die **Streifenbelichtung**, fügt Strichlinien als Füllung ein.
Das einfache Hatchen erfordert die Eingabe des Hatchabstandes (Abbildung 9.21). Diese ist von den Spezifikationen Ihrer Maschine abhängig. Bei den rechteckigen Inseln müssen außerdem Höhe und Breite der Rechtecke definiert werden. Geben Sie für die Streifenbelichtung schließlich den Hatchabstand, die Streifenbreite und den Streifenabstand an.

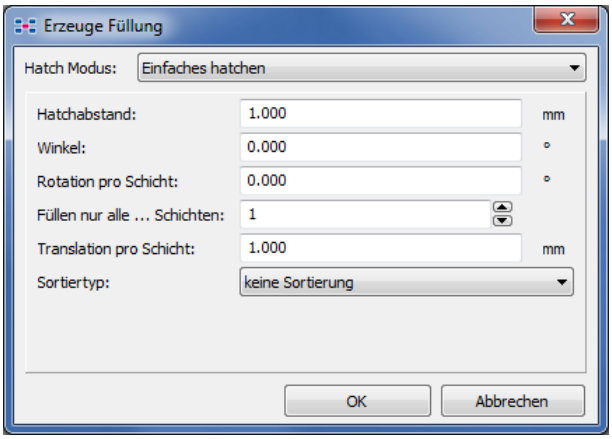


Abbildung 9.21: *Das Dialogfenster, um eine Füllung zu erstellen.*

Der **Winkel** bestimmt die Richtung, in der die Hatchlinien verlaufen, bezogen auf die X-Achse mit Rotation im Uhrzeigersinn. Wenn Sie den Winkel also bei 0° belassen, verlaufen die Hatchlinien parallel zur X-Achse. Wenn Sie 90° eingeben, verlaufen Sie parallel zur Y-Achse (Abbildung 9.22).
Die **Rotation pro Schicht** kann genutzt werden, damit die verschiedenen Schichten einen verschiedenen Winkel haben. Die erste Schicht hat dann den gewählten Winkel. Danach ändert sich der Winkel um den hier eingegeben Winkel pro Schicht (Abbildung 9.23).
Wenn Sie nun die Anzahl bei **Fülle nur alle ... Schichten** erhöhen, wird nicht jede Schicht der Originalkontur mit einer Füllung versehen. Wenn Sie zum Beispiel den Wert 2 eingeben, wird jede zweite Schicht mit Hatchlinien gefüllt.
Bitte beachten Sie: Die Rotation pro Schicht bezieht sich auf die Schichten, die tatsächlich gefüllt werden, unabhängig davon, wie viele Schichten des Originalslice dazwischen ausgelassen werden.

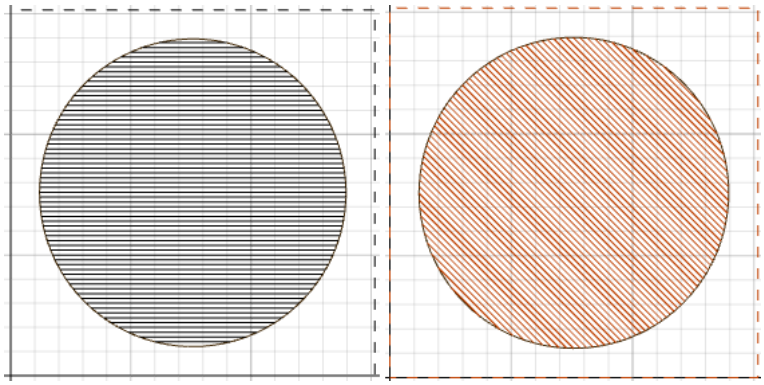


Abbildung 9.22: *Eine runde Kontur mit Füllung: zunächst mit dem Winkel 0°, dann mit dem Winkel 45°.*

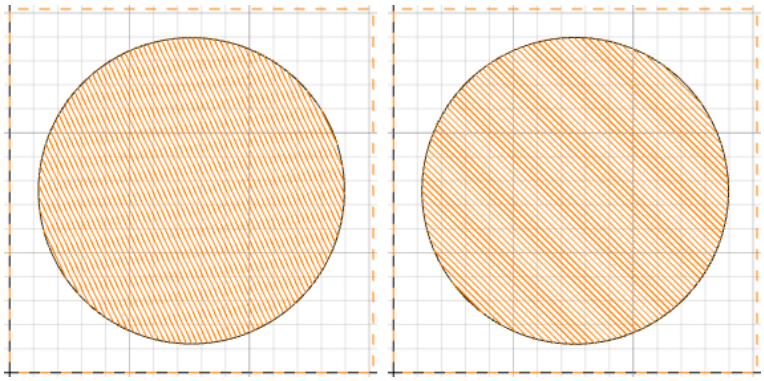


Abbildung 9.23: *Zwei aufeinanderfolgende Schichten desselben Slice mit einer Rotation von 20° pro Schicht.*

Die **Translation pro Schicht** bestimmt, ob und wie weit die Hatchlinien mit jeder Schicht verschoben werden. Wenn Sie hier 0 eingeben, liegen die Hatchlinien (ohne Rotation pro Schicht) genau aufeinander. Mit dem Wert 1 werden die Linien mit jeder Schicht (von oben nach unten) um 1mm nach oben verschoben.
Mit der Rotation und der Translation pro Schicht kann verhindert werden, dass die Linien genau aufeinander liegen. Dies könnte mit manchen Produktionsverfahren zu einer geringeren Bauteilqualität und Instabilität führen.
Einige Maschinen, zum Beispiel Lasersinteranlagen, benötigen eine spezielle Richtungsangabe, mit der der Laser die Füllung fährt. Der Sortiertyp kontrolliert den Toolpath des Lasers und Sie können zwischen 5 Optionen wählen: keine Sortierung,

Sortierung von rechts nach links, Sortierung von links nach rechts, Sortierung von oben nach unten und Sortierung von unten nach oben.
Die Füllung wird mit "OK" als neue Slice-Datei in den Slice Commander eingefügt. Sie ist also auch ein unabhängiges Objekt im Projektbaum (Abbildung 9.24).

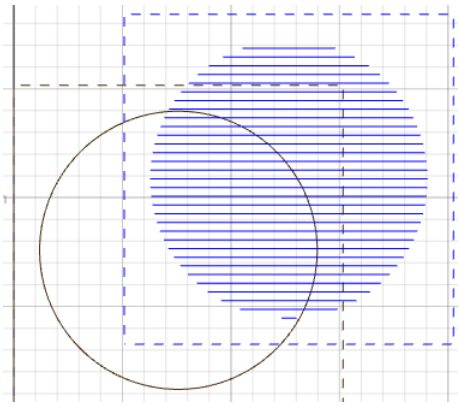


Abbildung 9.24: *Die Füllung ist ein eigener Slice und kann unabhängig bearbeitet, verschoben oder exportiert werden.*

9.6.2 Hatchverschneidung

Immer wenn eine Kontur von einer Füllung herrausragt, können Sie die Füllung entlang der Kontur schneiden. Wählen Sie beide Teile, öffnen Sie das Kontextmenü, das Untermenü Extras und klicken Sie auf Hatchverschneidung. Als Ergebnis wird eine neue Hatch Datei erstellt (Abbildung 9.25).

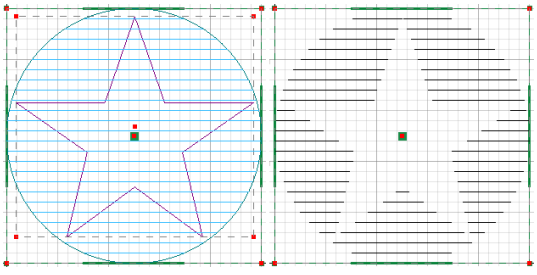


Abbildung 9.25: *Links: Blaue Konturen ragen in die schwarze Füllung. Rechts: Füllung wurde entlang der blauen Konturen geschnitten und resultiert in zwei Füllregionen.*

9.6.3 Konvertiere Konturen/Hatches

Diese Funktion steht Ihnen im Untermenü Extras zur Verfügung. Wie oben beschrieben, gibt es additive Fertigungsmaschinen, die die Schichtmodelle automatisch füllen. Wenn Sie jedoch entschieden haben, dass das Bauteil *keine* Füllung haben soll, ist es empfehlenswert, die Konturen in Hatches zu konvertieren. Die Konturen verhalten sich dann wie die Hatches einer Füllung und können selbst nicht wieder gefüllt werden.
Im Dialog Hatchkonvertierung können die Berechnungen in beide Richtungen durchgeführt werden: von Konturen zu Hatches oder von Hatches zu Konturen. Eine hohe **Genauigkeit** erstellt eine exakte Berechnung, kann aber zu langen Berechnungszeiten führen.
Es ist auch möglich **Konturen/Hatches zu filtern**. Das bedeutet, dass alles, was Sie ausgewählt haben, auf bestimmte Parameter überprüft und diejenigen Konturen/Hatches, die diese Parameter erfüllen, kopiert werden. Sie können dabei entweder die Hatches, die geschlossenen Konturen und/oder die offenen Konturen erhalten. Beachten Sie, dass Offene Konturen auch gefiltert werden können - wenn Sie sie aber wirklich bauen wollen, müssen Sie sie danach zu Hatches konvertieren.

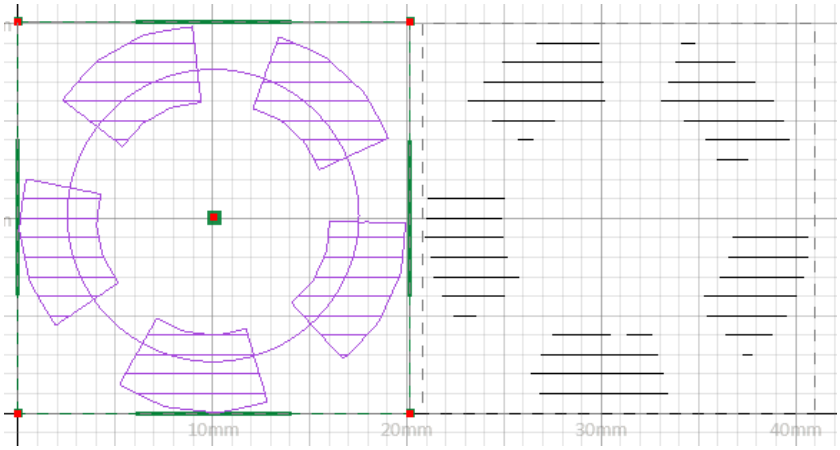


Abbildung 9.26: *Links: Teil mit Hatches und Konturen. Rechts: nach Filterung mit "Hatches bewahren"*

Die Funktion **Verbinde Konturen** ist vergleichbar mit Stitchen im Reparatur Modus (siehe Kapitel XX). Offene Kanten, die nahe beieinander liegen, werden verbunden. Mit **Kleine Konturen filtern** werden sehr kleine und unnötige Konturen nicht ko-

piert. Sie können die minimale Konturfläche in cm definieren.

9.7 Export and Save Slices

Über das Kontextmenü kann die Schichtdatei exportiert werden. Über die Funktion Exportieren können Sie das Modell als SLI, CLI, SLC, SSL, ABF, SLM, CLS, USF, CLF, PNG, BMP, SVG, DXF oder PS Datei speichern. Dies ist der letzte Schritt vor der Herstellung des Bauteils: viele 3D-Drucker können diese Dateien direkt einlesen und drucken.
Sind mehr als ein Schichtmodell ausgewählt, werden alle Modelle als eine Datei exportiert.
Wählen Sie im Untermenü von Exportieren das gewünschte Dateiformat. Im neuen Dialogfenster können alle Exportparameter eingestellt werden (Abbildung 9.27).

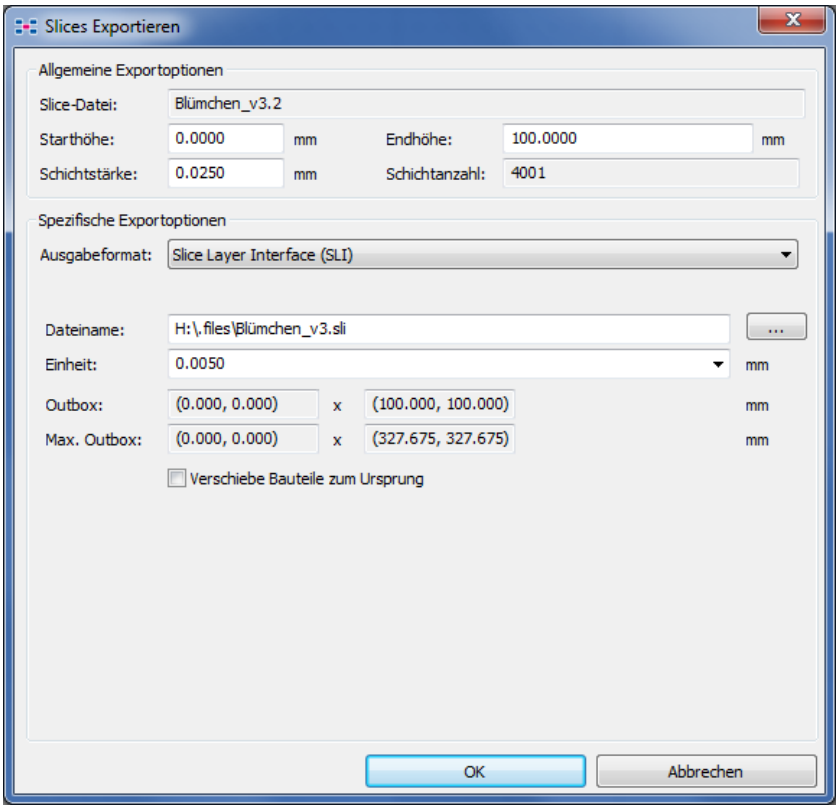


Abbildung 9.27: *Das Dialogfenster zum Exportieren von Schichtdaten*

Oben können Sie die Starthöhe, die Endhöhe und die Schichtstärke bearbeiten. Dabei

wird die Anzahl der Schichten mit diesen Einstellungen berechnet und angegeben.
Die **Starthöhe** und die **Endhöhe** bestimmen, welchen Bereich des Slice Sie exportieren. Sie müssen also nicht den gesamten Slice exportieren und können obere und untere Bereiche gezielt weglassen. Wenn Sie die Starthöhe zum Beispiel in die Mitte des Bauteils setzen, wird nur die obere Hälfte exportiert.
Die optimale **Schichtstärke** hängt meist von Ihrem Produktionsverfahren und Ihrer Maschine ab. Beim Starten der Export-Funktion ist zunächst die Schichtstärke eingegeben mit der der Slice erzeugt wurde. Wenn Sie beim Slicen schon die richtige Schichtstärke für Ihre Produktion wissen, sollten Sie sie also schon dort eingeben.
Wenn Sie eine Schichtstärke eingeben, die sich von der des Slice unterscheidet, wird beim Export immer die letzte Schicht übernommen. Wenn Sie also einen Slice mit der Schichtstärke 0.1 haben und mit Schichtstärke 0.14 exportieren, wird als erste Schicht (0.14) die Schicht des Originals an den Koordinaten 0.1 eingesetzt, die zweite Schicht (0.28) entspricht der des Originals an den Koordinaten 0.2 und die dritte Schicht (0.42) der des Originals mit den Koordinaten 0.4. Die Originalschicht an 0.3 wird also ausgelassen. Wenn Sie hingegen eine Schichtstärke wählen, die unter der des Slice liegt, werden manche Schichten doppelt vorkommen.
Als nächstes folgen spezifische Exportoptionen, je nach Dateiformat. Oben finden Sie ein Dropdown-Menü, in dem Sie das **Ausgabeformat** für den Export auswählen können (Abbildung 9.28). Wenn das Dropdown-Menü geschlossen wurde, aber immer noch markiert ist, können Sie auch mit der Scroll-Taste Ihrer Maus das Dateiformat ändern. Welches Dateiformat das richtige für Sie ist, hängt meist von dem geplanten Produktionsprozess und Ihrer Maschine ab.

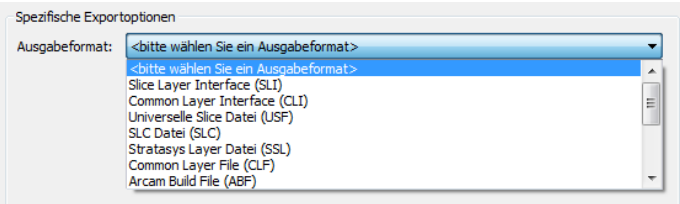


Abbildung 9.28: *Das Dateiformat für den Export kann in diesem Dropdownmenü ausgewählt werden.*

Als nächstes kann der **Dateiname** eingegeben werden und ein **Zielverzeichnis** gewählt werden, nachdem Sie auf die Schaltfläche "..." klicken.

Der Rest der **spezifischen Exportoptionen** hängt vom gewählten Dateiformat ab: Beim **SLI** (Slice Layer Interface) und dem **CLI** (Common Layer Interface) Format sind die spezifischen Einstellungen gleich (Abbildung 9.30).

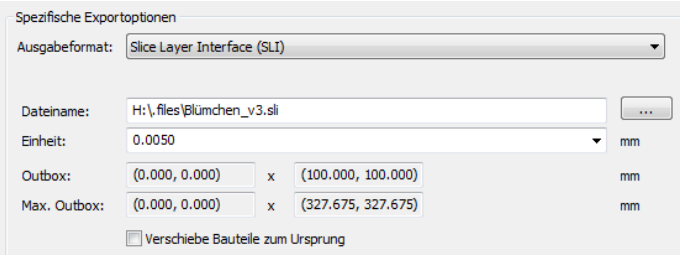


Abbildung 9.29: *Die spezifischen Settings für den SLI-Export.*

Die **Einheit** steht für die Längeneinheit, anteilig nach mm, nach der die Konturen des Slice berechnet werden. Mit einem geringeren Wert werden die Daten präziser, jedoch braucht die Berechnung länger. Sie können die Einheit in einem Dropdown-Menü wählen oder manuell einstellen (Abbildung 9.30). Die Auflösung bestimmt auch die maximale Größe des exportierten Slice. Mit einer größeren Einheit und somit niedrigeren Auflösung sind SLI-Daten mit einer größeren Outbox möglich.

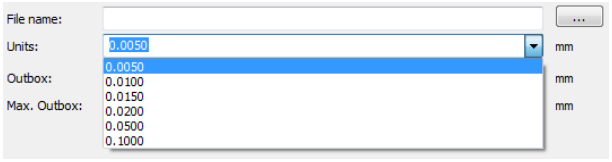


Abbildung 9.30: *Wählen Sie die Längeneinheit zur Berechnung des Slice.*

Unter den Einheiten werden die Maße der Outbox angegeben. Sie können daraus die Position des Slice in der X-Y-Ebene auslesen. Im ersten Feld sind die niedrigsten X- und Y-Werte des Slice, im zweiten Feld die höchsten.
Die maximale Outbox ist eine Einschränkung durch das Dateiformat. Sie hängt von der gewählten Einheit für die Auflösung ab. Ihr Slice muss innerhalb des hier angegebenen Bereichs liegen, damit er exportiert werden kann.
Wenn die Outbox des Slice nicht komplett in diesem Bereich ist, ist die Auflösung zu hoch, also die Einheit zu gering, und die Datei kann nicht im SLI oder CLI Format beschrieben werden. Sie erhalten dann eine Warnmeldung. Mit der Schaltfläche

"Reparieren" setzen Sie die Einheit hoch auf den geringsten funktionierenden Standardwert. Es kann aber auch ausreichen, den Slice neu zu positionieren, zum Beispiel zum Ursprung zu verschieben (Abbildung 9.31).

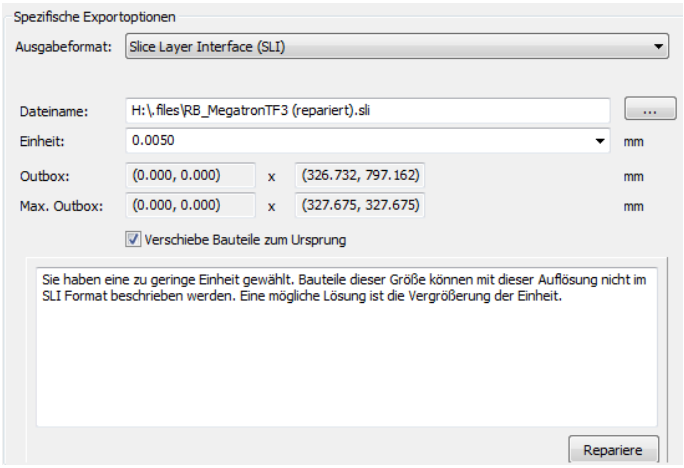


Abbildung 9.31: *Wenn der Slice zu groß für die gewählte Auflösung ist, erhalten Sie diese Warnmeldung.*

Wenn die Option **Zum Ursprung verschieben** aktiviert ist, wird der Slice automatisch so positioniert, dass er an den Koordinaten X=0, Y=0 startet.
Wenn die Option nicht aktiv ist und der Slice im negativen Bereich liegt, bekommen Sie eine Warnmeldung. Das SLI und das CLI Format können keine solchen Daten speichern. Sie können dieses Problem lösen, indem Sie die Option "Zum Ursprung verschieben" aktivieren oder auf "Reparieren" klicken (in diesem Fall wird die Option automatisch aktiviert, Abbildung 9.32). Wenn Sie den Slice nicht am Ursprung haben wollen, müssen Sie den Export abbrechen, den Slice neu positionieren und den Export wieder starten.
Bei **SLC** Dateien können Sie in zwei Dropdown-Menüs wählen, ob der Slice in der Einheit mm oder inch geschrieben werden soll und ob es sich um den SLC-Typ Bauteil, Support oder Web handeln soll (Abbildung 9.33).
Bei dem Export von **SSL** (Stratasys Layer File) Dateien müssen Sie eine SSL-Version wählen: SSL V0 oder SSL V20. Mit SSL V20 gibt es die Option "Offene Konturen erzwingen", mit der alle Konturen als offene Konturen definiert werden und beim 3D-Druck keine Füllung gedruckt wird (Abbildung 9.34).
Beim Export von **ABF** (Arcam Build Files) Dateien können Sie optional die Da-

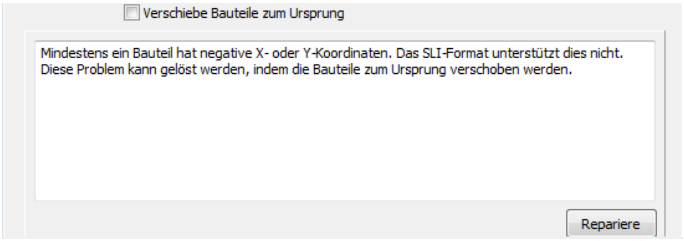

Verschiebe Bauteile zum Ursprung
Mindestens ein Bauteil hat negative X- oder Y-Koordinaten. Das SLI-Format unterstützt dies nicht.
Diese Problem kann gelöst werden, indem die Bauteile zum Ursprung verschoben werden.
Repariere

Abbildung 9.32: *Wenn ein Slice negative X- oder Y-Koordinaten hat, erhalten Sie eine Warnung und können ihn automatisch zum Ursprung verschieben, indem Sie auf "Reparieren" klicken.*

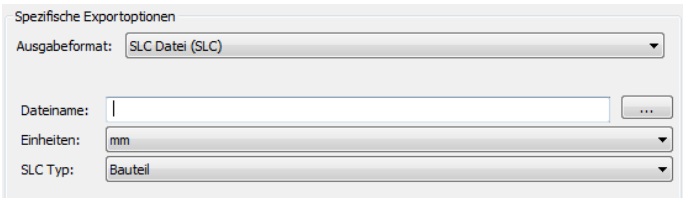


Abbildung 9.33: *Die spezifischen Einstellungen für den Export von SLC-Dateien.*

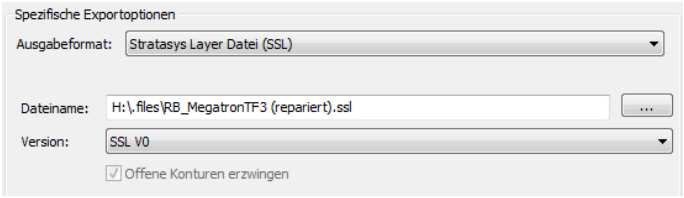


Abbildung 9.34: *Die spezifischen Einstellungen für den Export von SSL-Dateien.*

ten im Arbeitsspeicher berechnen. Dies benötigt bei komplexen Dateien sehr viel Arbeitsspeicher, spart aber Zeit. Ebenso können Sie eine Datenkompression verwenden, um kleinere Dateien zu erschaffen (Abbildung 9.35).

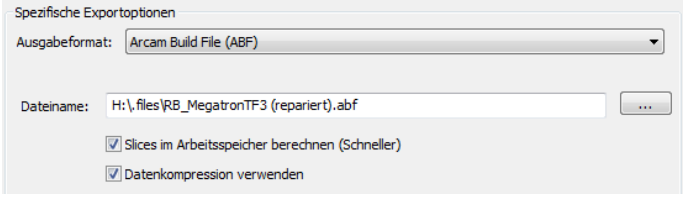


Abbildung 9.35: *Die spezifischen Exportoptionen für ABF-Dateien.*

Beim Export von **CLS** (Concept Laser Slice Files), **CLF** (Common Layer File) und **USF** (Universal Slice Files) Dateien können Sie unter den spezifischen Exportoptionen nur den Dateinamen und das Zielverzeichnis einstellen.
Das **SLM** Format (Selective Laser Melting) benötigt Spezifikationen zu Build Style, Laser Focus, Laser power und Laser speed. Um diese Parameter einzustellen, öffnen Sie die SLM Export Settings mit einem Doppelklick auf einen der Werte in der Tabelle. Zusätzlich können auch Punktabstand und Punktbelichtungszeit definiert werden. Der Output wird eine .slm Datei sein.

in Modell konvertieren

Beim Export in ein Modell werden die Slice Daten wieder in ein Dreiecksnetz umgewandelt. Wenn Sie **in Modell konvertieren** im Kontextmenü unter Exportieren wählen, öffnet sich ein Dialogfenster (Abbildung 9.36). Die Genauigkeit bestimmt die Präzision der Berechnung. Für den Export bedeutet das, welche Rasterzellen in einem dreidimensionalen Raster durch eine Schicht belegt werden soll. Diese Zellen werden Teil der STL sein. Mit diesem Verfahren erhalten Sie einen Effekt von Schritten im Bauteil so groß wie die Genauigkeit / Rastergröße und die Datei benötigt möglicherweise sehr viele Dreiecke. So können auch kleine und einfache Teile riesige Datenmengen haben. Verfeinerung und Glättung sind Maßnahmen gegen diese Schritt Effekte. Um sicherzustellen, dass die obere und untere Fläche geschlossen sind, klicken Sie auf die "Obere und untere Flächen schließen" Box.

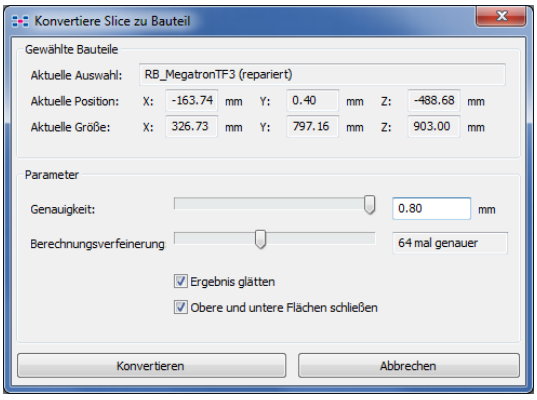


Abbildung 9.36: *Das Dialogfenster für die Konvertierung des Slice zum 3D-Bauteil.*

Export Image Files

Wenn Sie ein Schichtmodell als Bilddatei oder Vektorgrafik exportieren, erstellt netfabb ein Bild von jedem Slice, entweder als SVG, DXF, PNG, BMP oder PS Datei. Jede Schicht wird in eine separate Bilddatei (Abbildung 9.37) exportiert.

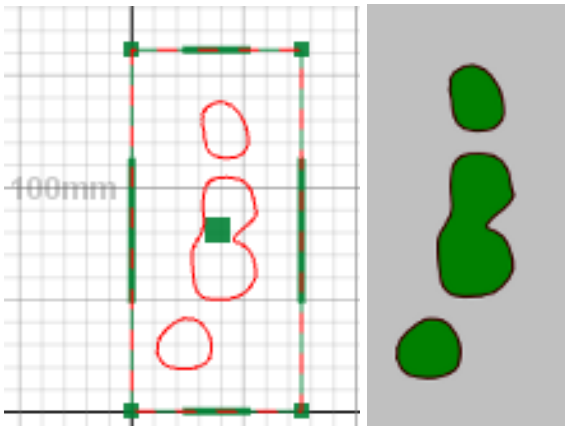


Abbildung 9.37: *Links: Eine Schicht als Datei auf dem netfabb-Bildschirm. Rechts: Die Darstellung der gleichen Schicht in einer PNG-Datei.*

In den spezifischen Exporteinstellungen für SVG (Scalable Vector Graphics), BMP (Windows Bitmap) und PNG (Portable Network Graphics) Dateien, können Sie zwischen 2 Registerkarten entscheiden, eine für das Exportziel und eine für Exportparameter.
Für das Exportziel, müssen Sie zunächst im Dropdown-Menü wählen, ob Sie die Bilddatei in einzelne Dateien oder ob Sie sie gesammelt in einer TAR oder ZIP Datei exportieren möchten. Geben Sie dann einen Dateinamen ein, welcher von der Schichtzahl jeder Bilddatei ergänzt wird und wählen Sie das Zielverzeichnis aus (Abbildung 9.38).
Beim Export von PNG und BMP Dateien stehen weitere Optionen zur Verfügung:
Unter dem Eingabefeld für Ihren Dateinamen, können Sie die Auflösung und die Größe (in Pixel) der Schichtbilder ändern. Diese beiden Einstellungen sind voneinander abhängig und wenn Sie eine ändern wird die andere automatisch angepasst. Wenn das Kontrollkästchen "Anti-aliasing aktivieren" angekreuzt ist, werden Aliasing und Rastereffekte in Bilddateien (Abbildung 9.39) reduziert.
Sie können die Größe des gesamten Bildes entweder manuell durch Einfügen einer

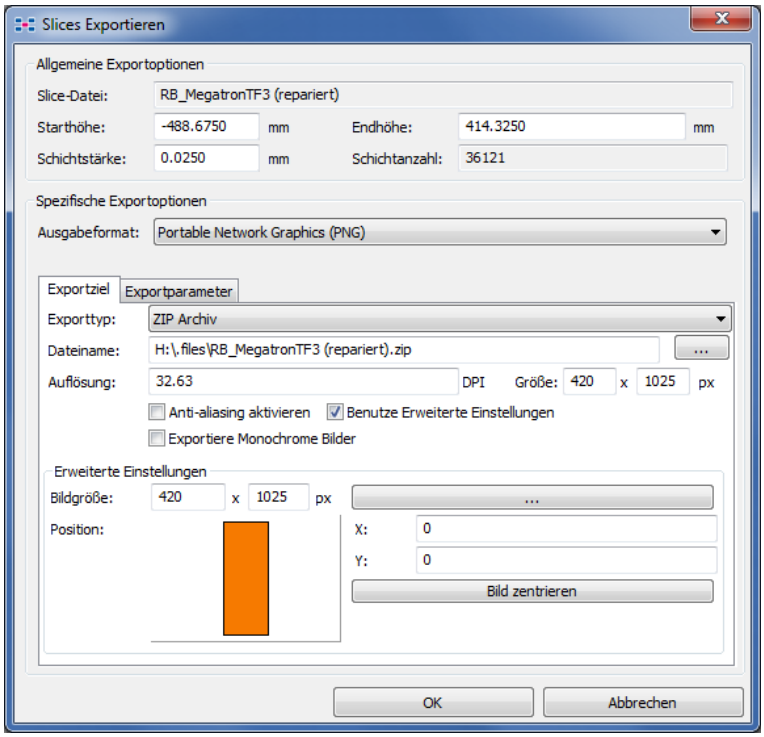


Abbildung 9.38: *Die Einstellungen für das Exportziel für Bilddateien.*

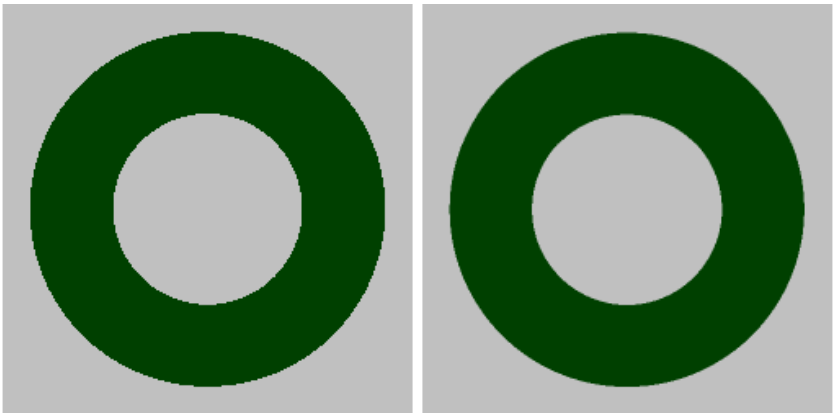


Abbildung 9.39: *Links: Eine exportierte Datei als PNG ohne Aliasing Effekt. Rechts: Das äquivalente Bild mit aktiviertem Anti-Aliasing.*

Pixelgröße ändern oder Sie wählen eine Standard Größe nach einen Klick auf den Button "....". Dies hat keinen Einfluss darauf, wie groß das Bild dargestellt wird. Allerdings, wenn Sie die Größe der Darstellung des Bildes oben ändern, wird die Höhe des gesamten Bildes auf die neue Höhe angepasst und die Breite wird proportional

skaliert.
Setzen Sie den Haken bei **Benutze erweiterte Einstellungen**, werden zusätzliche Optionen verfügbar: Sie können die Größe des gesamten Bildes entweder manuell durch Einfügen einer Pixelgröße ändern oder Sie wählen eine Standard Größe nach einen Klick auf den Button "...". Dies hat keinen Einfluss darauf, wie groß das Bild dargestellt wird. Allerdings, wenn Sie die Größe der Darstellung des Bildes oben ändern, wird die Höhe des gesamten Bildes auf die neue Höhe angepasst und die Breite wird proportional skaliert.
Wenn Sie die Größe der Bilddateien festgelegt haben, können Sie die **Position des Slice** auf dem Bild bestimmen. In dem Feld "Position" wird der Hintergrund der Bilddatei blau dargestellt, der Slice selbst orange. Sie können nun den Slice per *drag & drop"* frei verschieben (Abbildung 9.40).

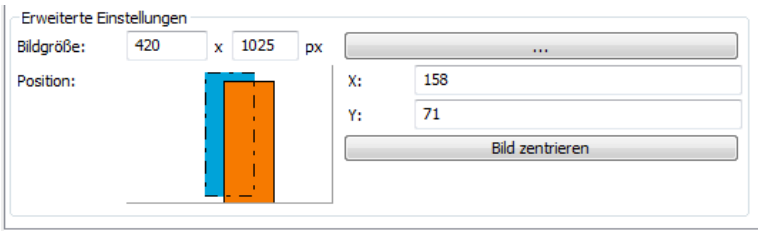


Abbildung 9.40: *In dem farbigen Feld kann die Position der Schicht im Bild angepasst werden.*

Rechts daneben sehen Sie den Abstand zwischen dem Bildrand und dem Slice. X zeigt die Pixelanzahl zwischen dem linken Rand und dem Slice, Y die Pixelanzahl zwischen dem oberen Bildrand und dem Slice. Sie können in diese Felder auch Werte eingeben, um den Slice genau zu platzieren. Wenn Sie auf **Bild zentrieren** klicken, wird der Slice in die Mitte des Gesamtbildes zurückversetzt. Wenn das Gesamtbild kleiner als der Slice ist oder der Slice einfach über den Rand hinaus verschoben wird, ist es möglich, nur einen Teil des Slice in die Bilddateien zu kopieren.
In den **Exportparametern** können Sie einstellen, wie Ihr Slice dargestellt werden soll und welche Farben Ihre Bilddateien haben sollen (Abbildung 9.41). Sie können zunächst Kästchen anklicken, um zu entscheiden, ob geschlossene Konturen, die Füllung von geschlossenen Konturen, offene Konturen oder Hatches exportiert und somit in die Bilder eingefügt werden sollen. Für die Konturen und Hatches können Sie dann einen Wert in mm für die Dicke eingeben, mit der diese Linien gezeichnet

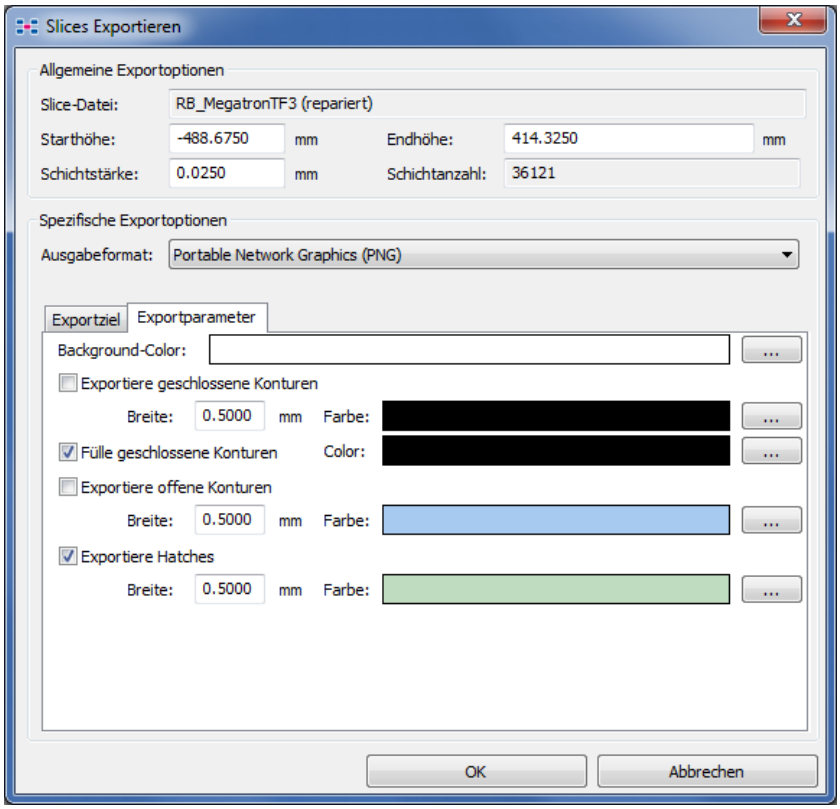


Abbildung 9.41: *In diesem farbigem Feld und mit den Werten rechts daneben können Sie die Position des Slice auf Ihren Bilddateien anpassen.*

werden (Abbildung 9.42).
Nach einem Klick auf die Schaltfläche "..." rechts können Sie zudem die Farbe der jeweiligen Linien und des Hintergrunds einstellen (mehr zum Auswählen von Farben in Kapitel **??**).
Bei SVG-Dateien sind die Füllung und der Hintergrund immer weiß und können nicht verändert werden.
Beim Export von **DXF** (Drawing Interchange Format) Dateien können Sie lediglich wählen, ob Sie die Bilder als einzelene Dateien, TAR Archiv oder ZIP Archiv speichern wollen und Dateiname und Zielverzeichnis ändern.
Bei **PS** (Adobe Postscript) Dateien werden alle Bilder in einer Datei gespeichert, wobei auf jeder Seite eine Schicht abgebildet wird. Mit der Option "Invertieren" wird die Kontur schwarz und das Äußere weiß, ansonsten ist es andersherum. Zudem können Sie wählen, ob die Seiten des Dokuments im Hochformat oder im Querformat

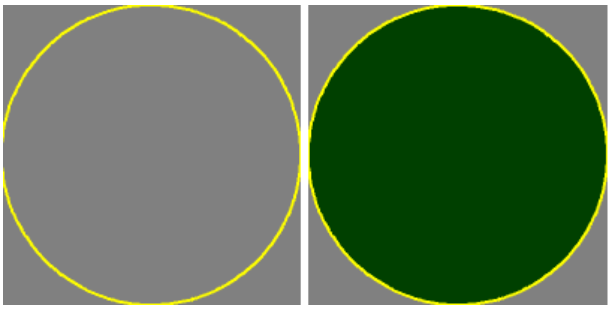


Abbildung 9.42: *Links: Eine Bilddatei mit grauem Hintergrund, bei dem nur die geschlossene Kontur visualisiert wird. Rechts: Hier wird die Füllung visualisiert und grün dargestellt*

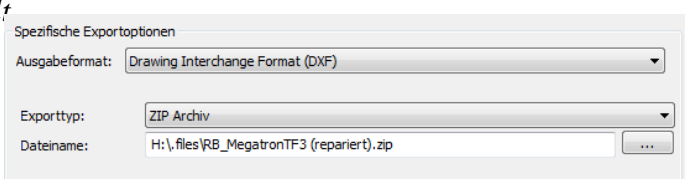


Abbildung 9.43: *Die spezifischen Exporteinstellungen für das DXF-Format.*

erstellt werden sollen (Abbildung 9.44).

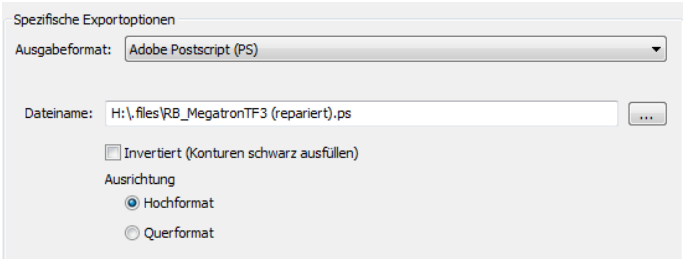


Abbildung 9.44: *Die spezifischen Exporteinstellungen für das PS-Format.*

Kapitel 10

Einstellungen

Für die Einstellungen für netfabb gibt es ein eigenes Menü in der Menüleiste. Mit "Programmoptionen" öffnen Sie ein Fenster für allgemeine Einstellungen, die das Programm betreffen. Dies beinhaltet auch Farbeinstellungen für alle Arten von Visualisierungen im Programm. Mit "Verknüpfungen ändern" können Sie auswählen, welche Dateitypen automatisch mit netfabb geöffnet werden sollen.

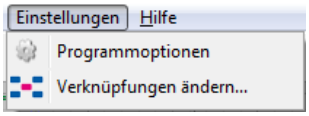


Abbildung 10.1: *Das Einstellungen-Menü*

10.1 Programmoptionen

Die Programmoptionen befinden sich im Menü Einstellungen und werden in einem neuen Fenster geöffnet (Abbildung 10.2). Sie betreffen verschiedene Aspekte des Programms. Die Einstellungen sind in Dropdown-Menüs, durch die Eingabe von Werten oder Namen oder in Dialogboxen nach Doppelklick auf die jeweilige Einstellung zu ändern.

Liste der Programmoptionen

Administratoreinstellungen:
Wenn Sie an Ihrem Computer als Administrator angemeldet sind, können Sie hier

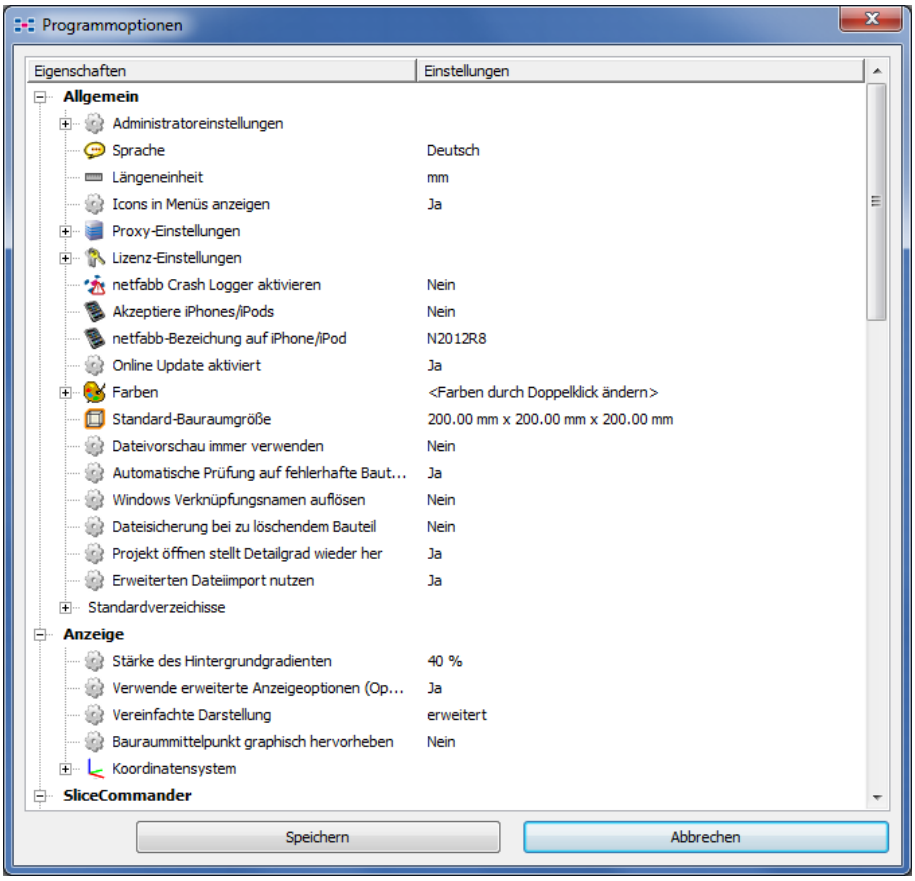


Abbildung 10.2: *Das Fenster für die Programmoptionen.*

allgemein gültige Proxy- und Lizenz-Einstellungen (siehe unten) vornehmen. Zudem können Sie Online-Updates deaktivieren. Wenn Sie dies tun, ist im linken unteren Eck des netfabb-Fensters ein roter anstatt des grünen Punkts zu sehen. Sie werden dann nicht benachrichtigt, wenn neue Updates zur Verfügung stehen und kein Nutzer ist in der Lage, ein Update durchzuführen.

Sprache:

Bis jetzt sind in diesem Dropdown-Menü die Sprachen Deutsch und Englisch verfügbar.

Längeneinheit:

Als Längeneinheit können Sie mm oder inch wählen. Die hier gewählte Einheit ist dann Standard im ganzen Programm.

Icons in Menüs anzeigen:
Wenn Sie diese Option deaktivieren, werden in den Menüs und Kontextmenüs des Programms keine Symbole mehr links neben dem Namen der jeweiligen Funktion eingeblendet.
Proxy-Einstellungen:
In den Proxy-Einstellungen müssen Sie zunächst wählen, ob Sie die Administratoreinstellungen benutzen wollen oder nicht. Wenn ja werden die Einstellungen oben übernommen. Sie können diese Einstellungen nur als Administrator ändern. Wenn Sie die Administratoreinstellungen nicht übernehmen, können Sie Ihre eigenen Einstellungen hier vornehmen.
Sie benötigen eine Internetverbindung, um Zugang zu Updates zu erhalten oder um das Programm direkt über das Hilfe-Menü mit der Online-Hilfe zu verlinken. Wenn Ihre Internetverbindung über Proxys läuft, können Sie hier Ihre Art der Verbindung, Ihren Proxy-Server sowie Ihren Proxy-Benutzernamen und Ihr Passwort eingeben. Mit einer direkten Internetverbindung sind diese Einstellungen nicht möglich. Mit einem Proxy-Server ohne Authentifizierung muss kein Benutzername und kein Passwort eingegeben werden.
Lizenz-Einstellungen:
Auch für den Lizenzeinstellungen können Sie ganz einfach die Administratoreinstellungen übernehmen oder nicht. Wenn ja, werden die Einstellungen oben übernommen. Sie können diese Einstellungen nur als Administrator ändern. Wenn Sie diese Einstellungen nicht übernehmen wollen, können Sie hier Ihre eigenen Lizenz-Einstellungen hier vornehmen.
Die Lizenzdateien für netfabb Professional sind immer mit einen USB Dongle verknüpft, der die Lizenz gültig macht. Ohne Dongle können Sie also keine Funktionen benutzen, die auf Benutzer von netfabb Professional beschränkt sind, und Sie haben nur den Funktionsumfang von netfabb Basic zur Verfügung. Mit dem Dongle-Typ Netzwerk-Dongle müssen Sie im nächsten Feld die Dongle-Adresse angeben, also die die Adresse des Servers, an den der Dongle gesteckt ist. Sie müssen in einem Netzwerk mit diesem Server verbunden sein. Bitte beachten Sie, dass, wenn mit dem Dongle nur eine Lizenz verknüpft ist, nur ein Computer gleichzeitig über das Netzwerk auf diesen Dongle zugreifen kann.
Wenn der USB-Dongle in Ihrem Computer eingesteckt ist, wählen Sie den Dongle-Typ "Lokaler Dongle".

Mit den nächsten zwei Optionen können Sie das Verzeichnis und den Dateinamen Ihrer Lizenzdatei einstellen. Standardeinstellung hier ist das Benutzerverzeichnis des Administrators (normalerweise Benutzer/Anwendungsdaten/Netfabb/License.dat). Sie können aber auch das Anwendungsverzeichnis (das Verzeichnis, in dem netfabb installiert ist) oder ein anderes, im nächsten Punkt manuell einzugebendes Verzeichnis wählen. Wenn Sie Ihre netfabb-Installation lizenzieren (durch Öffnen der Lizenzdatei mit dem Programm und Neustart des Programms), wird die Lizenzdatei automatisch in das richtige Verzeichnis kopiert.

Crash Logger:

Erscheint in netfabb eine Warnung, kann der Crash Logger weitere Informationen zum genauen Fehlerbild liefern. Dafür wird ein externes Tool benötigt - kontaktieren Sie hierfür support@netfabb.com.

iPhone Einstellungen:

Mit der Option "Akzeptiere iPhones/iPods" können Sie einstellen, ob Sie eine automatische Nachricht bekommen wollen, wenn ein iPhone oder iPod versucht, mit Ihrer netfabb Installation eine Verbindung herzustellen. Die Option "netfabb-Bezeichnung auf iPhone/iPod" gibt Ihnen die Möglichkeit, einen Namen für Ihre netfabb Installation im Netzwerk einzugeben. Für die Verbindung mit Smartphones benötigen Sie eine drahtlose Internetverbindung.

Online Update aktiviert:

Hier können Sie einstellen, ob Sie beim Programmstart über mögliche neue Updates informiert werden und ob Sie dieses Update auch durchführen können. Wenn die Online-Updates aktiviert sind, ist im linken, unteren Eck des netfabb-Fensters ein grüner Punkt zu sehen, ansonsten ein roter. Wenn der Administrator in den Administratoreinstellungen Online-Updates deaktiviert hat, können andere Benutzer diese Updates nicht aktivieren.

Standard-Bauraumgröße:

Falls Sie den Bauraum nutzen, um Ihre Bauteile und Schichtdaten für den 3D-Druck zu positionieren, sollte die Größe des Bauraums in Ihrem Programm der Größe des Bauraums Ihrer Maschine angepasst werden.

Dateivorschau immer verwenden:

Wenn diese Option aktiviert ist, wird immer wenn Sie die Funktion "Bauteil hinzufügen" starten der Dateivorschaubrowser geöffnet.

Automatische Prüfung auf fehlerhafte Bauteile:
Wenn Sie Ihr Projekt automatisch auf fehlerhafte Bauteile prüfen, wird rechts unten im Anzeigebildschirm ein großes Warndreieck und links neben dem Bauteil im Projektbauteil ein kleines Warndreieck eingeblendet.
Windows Verknüpfungsnamen auflösen:
Diese Einstellung bestimmt, wie Bauteile benannt werden, die über eine .lnk Verknüpfungsdatei geöffnet werden. Wenn die Einstellung nicht aktiv ist, wird das Bauteil nach dem Verknüpfungsdateinamen benannt, wenn sie aktiv ist, wird das Bauteil nach dem Dateinamen der verknüpften 3D-Datei benannt.
Dateisicherung bei zu löschendem Bauteil:
Wenn Sie ein Teil entfernen möchten, wird netfabb Sie nochmals um Bestätigung bitten.
Projekt öffnen stellt Detailgrad wieder her:
Beim Arbeiten mit einem niedrigeren Detailgrad ist es möglich, diesen Grad zu speichern, um damit beim nächsten Mal weiterzuarbeiten.
Bestätigung nach dem Speichern der Projekte:
Wenn diese Option aktiviert ist und Sie ein Projekt speichern, erhalten Sie eine Bestätigung, sobald der Prozess abgeschlossen ist.
Erweiterten Dateiimport nutzen:
Ist diese Einstellung aktiviert, erscheint beim Öffnen von 3D-Daten eine Dialogbox, in der Sie die Einstellungen für den Import anpassen und die Bauteile stitchen, skalieren und duplizieren können (siehe Kapitel 3.2.2).
Standardverzeichnisse:
Hier können Sie eine Liste von Standardverzeichnissen öffnen (Abbildung 10.3). Mit einem Doppelklick auf eines der Verzeichnisse können Sie den Ordner ändern, den netfabb als erstes öffnet, wenn Sie eine Datei öffnen wollen (Standardeinstellung: letztes Verzeichnis benutzen). In einer Windows-Installation wird die Einstellung "letztes Verzeichnis benutzen" wiederhergestellt, wenn Sie den Ordner "Mein Computer" bzw. "Arbeitsplatz" auswählen.

Anzeige Settings

Stärke des Hintergrundgradienten:
Im Hintergrund des Anzeigebildschirms ist ein Farbgradient, durch den von oben

Abbildung 10.3: *Ändern Sie diese Standardverzeichnisse nach einem Doppelklick.*

nach unten der Hintergrund dunkler wird. Mit Standardeinstellungen ist der Hintergrund oben weiß und wird nach unten hin grauer. Mit 100% wäre er unten schwarz.

Verwende erweiterte Anzeigeoptionen (OpenGL3):

Die erweiterten Anzeigeoptionen ermöglicht eine schönere Wiedergabe der Teile. Wenn Sie Problem mit der Darstellung der Teile haben, stellen Sie sie einfach wieder auf "Nein".

Vereinfachte Darstellung:

Verwenden Sie den einfachen Modus für schnellere Berechungen oder den Erweiterten Modus für eine genauere Sicht auf das Teil.

Bauraummittelpunkt graphisch hervorheben:

Wenn Sie "Ja" wählen, wird ein großes "X" in der Mitte der Plattform gezeigt.

Koordinatensystem:

Hier kann zunächst die Größe des Koordinatensystems links unten im Bildschirm verändert werden. Wenn die Option "Ebenen anzeigen" aktiviert ist, können Sie ihre Mindest- und Maximalgröße sowie ihre Dicke anpassen. Die Größe der Ebenen ändert sich immer je nach Perspektive. Die Ebenen im Hintergrund werden immer größer dargestellt als die im Vordergrund. Wenn die Ebenen dargestellt werden, können sie genutzt werden, um die Perspektive zu verändern.

Slice Commander

In den Einstellungen für den Slice Commander können Sie den Abstand der Linien einstellen, die mit der Option **Füllung anzeigen** (Kapitel 9.4.2) eingeblendet werden. Zudem können Sie einstellen, ob nur die Linien entlang der X-Achse, nur die entlang der Y-Achse oder beides eingeblendet wird (Abbildung 10.4). Die Standardtoleranz für die **Punktereduktion** (Kapitel **??**) kann hier ebenfalls eingestellt werden. Sie können diese Toleranz aber bei der Punktereduktion selbst noch ändern.

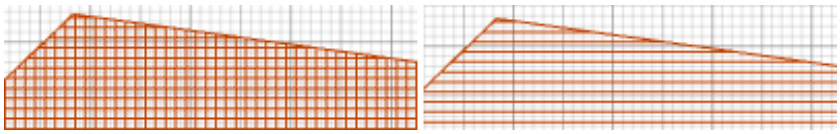


Abbildung 10.4: *Die Hatchlinien eines Slice werden links entlang beiden Achsen angezeigt, rechts nur entlang der Y-Achse.*

Part Repair

Bauteilreparatur:
Für die Bauteilreparatur können Sie die Standardtoleranz für die Funktion **Dreiecke stitchen** (siehe Kapitel 7.5.3) anpassen. Sie können diesen Wert beim Ausführen der Funktion allerdings noch ändern.
Die "Minimale Kantenlänge guter Dreiecke" bestimmt, welche Dreiecke als "degeneriert" definiert werden. Alle Dreiecke, deren Höhe geringer ist, sind degeneriert und werden im Reparaturmodul orange angezeigt und mit der Funktion **Degenerierte Dreiecke entfernen** (siehe Kapitel 7.5.7) gelöscht (Abbildung 10.5).

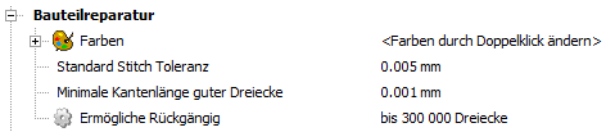


Abbildung 10.5: *Die Einstellungen für das Reparaturmodul.*

Messung:
Für die Messung können Sie in Dropdown-Menüs einstellen, welcher Messmodus und welche Option zum Setzen von Ankerpunkten beim Starten des Moduls ausgewählt sein soll.
Benennungen:
Die Benennungen beziehen sich auf die Bauteilnamen von Bauteilen, die mit netfabb bearbeitet werden. Der Originalname ist dabei fast immer Teil des neuen Namens (Abbildung 10.6). Die Benennungseinstellung für eine Funktion lässt sich in einer Dialogbox ändern, nach einem Doppelklick auf die Funktion in der Liste, oder nach einem Klick auf die Schaltfläche "...", die bei einfachem Klick rechts neben der Funktion erscheint. In Textfeldern links und rechts des Feldes "Bauteilname" können Sie

eingeben, was dem Bauteilnamen vor- oder nachgestellt werden soll. Darunter sehen Sie eine Vorschau darauf, wie die Bauteile benannt werden, wobei "Bauteilname" immer für den Namen des Originalbauteils steht. Die Schaltfläche "Zurücksetzen" stellt die Standardeinstellung für diese Funktion wieder her (Abbildung 10.7).

Abbildung 10.6: *Die Liste der Funktionen, für die die automatische Bauteilbenennung geändert werden kann.*

Die Standardeinstellungen für reparierte Bauteile bedeuten zum Beispiel, das "(repariert)" zum Bauteilnamen hinzugefügt wird.
"Hohles Bauteil erstellen", "Innenoffset", "Außenoffset" und "Aushöhlende Shell" beziehen sich auf die Optionen für die Funktion "Hülle erzeugen". "Gruppe von Shells von einem Bauteil" und "Gruppe von Shells von mehreren Bauteilen" steht für die Namen der Gruppen, in die die Bauteile verschoben werden, die bei der Funktion "Shells separieren" entstehen.
Bei Funktionen, bei denen mehrere Bauteile gleichzeitig erzeugt werden, z.B. "Duplizieren", "Shells separieren" oder "Bauteile schneiden", und bei Funktionen, bei denen mehrere Bauteile verarbeitet werden, z.B. bei "Bauteile zusammenfügen", gibt es das zusätzliche Feld "XX". Dieses Feld kann mit einem Häkchen aktiviert

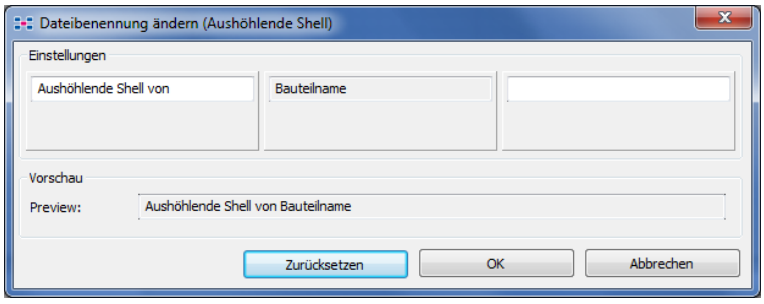


Abbildung 10.7: *Die Dialogbox zum Ändern der automatischen Benennung bei der Funktion "Shells separieren".*

oder deaktiviert werden. Wenn mehrere Bauteile erzeugt werden, steht "XX" für eine Nummerierung der Bauteile (Abbildung 10.7). Duplikate werden z.B. standardmäßig "Bauteilname_c00", "Bauteilname_c01", "Bauteilname_c02" etc. benannt. Wenn mehrere Bauteile von einer Funktion verarbeitet werden, steht "XX" für die Anzahl von Bauteilen, z.B. "Vereinigung von 2 Bauteilen".
Alle veränderten Benennungsoptionen werden in der Liste *kursiv* geschrieben.
Mit einen Klick auf "Standardeinstellungen" in der letzten Zeile erscheint eine Schaltfläche, mit der Sie für alle Funktionen die ursprünglichen Benennungen wiederherstellen können.
Unterhalb des Spektrum, im Feld "Farbe|Basis", wird die gewählte Farbe eingeblendet. Daneben finden Sie Werte für den Farbton, die Sättigung und die Helligkeit sowie die Intensität von rot, grün und blau. Diese Werte geben die Farbmischung aus Ihren Einstellungen wieder. Sie können aber auch manuell neue Werte eingeben, um die Farbe zu ändern.
Die neu gewählte Farbe wird angewandt, wenn Sie auf "OK" klicken.
Um **benutzerdefinierte Farben** zu erschaffen, die Sie dann jederzeit wieder anklicken können, klicken Sie auf eine existierende benutzerdefinierte Farbe. Nach der Installation sind diese alle schwarz. Stellen Sie dann die gewünschte Farbe ein und klicken Sie auf "Farben hinzufügen". Die eingestellte Farbe wird dann in das zuvor gewählte Feld eingesetzt.
In den Einstellungen können Sie die **Standardfarben** für alle Visualisierungen im Programm ändern, wenn Sie auf die entsprechende Farbe doppelklicken. Dies sind unter anderem der Hintergrund des Anzeigebildschirms, der Bauraum, Kollsionen in

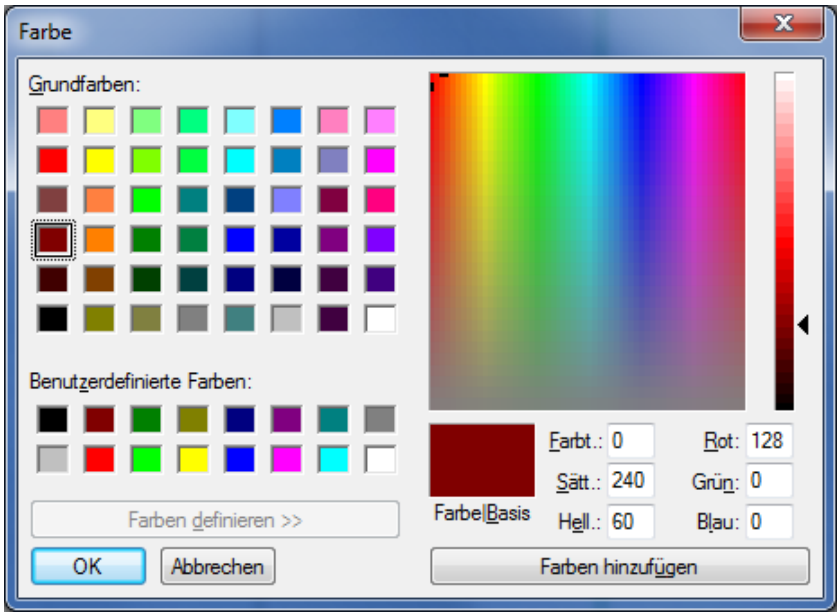


Abbildung 10.8: *Das Fenster zum Ändern der Farbe.*

der Kollisionserkennung, Schnittlinien, die Ebenen und der Ursprung des Koordinatensystems, ausgewählte Bauteile, Innenseiten, Bauteile in den Boolschen Operationen, neue Bauteile, Bauteile im Dateivorschaubrowser und Bauteile auf Smartphones.

In den Einstellungen für den Slice Commander können Sie die Hintergrundfarbe und die Standardfarben für neue Slice-Dateien einstellen.

Für die Reparatur können Sie die Farben der Außen- und Innenseite sowohl von ausgewählten und nicht ausgewählten Dreiecken einstellen, außerdem die Farbe für Grenzkanten, degenerierte Dreiecken, Selbstüberschneidungen, doppelte Flächen, das Dreiecksnetz, die Vorschau auf neue Dreiecke und die Betonung der ausgewählten Kanten bei der Funktion "Dreiecke hinzufügen", die Vorschau auf neue Dreiecke und Kanten bei der Funktion "Knoten hinzufügen" sowie die Vorschau auf neue Flächen mit bei der Funktion "Flächen extrudieren"

Für das Messmodul und das Prüfmodul können Sie die Standardfarben einstellen für getestete Messungen und Kennwerte im Prüfmodul, die innerhalb und außerhalb Ihrer definierten Toleranz liegen, für das Bauteil im Bildschirm, die Vorschaulinien und Vorschauflächen und für den Text und den Hintergrund der Messpunkte.

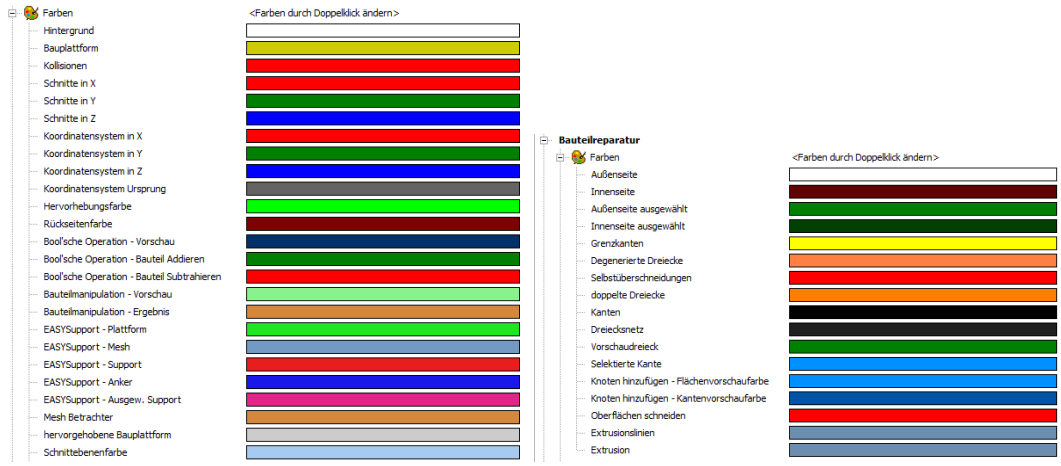


Abbildung 10.9: *In den Einstellungen können die Farben von verschiedensten Visualisierungen verändert werden.*

10.2 Verknüpfungen ändern

Über das Einstellungen-Menü können Sie auch Ihre Dateiverknüpfungen bearbeiten. In einem Fenster sehen Sie eine Liste von Dateiformaten, die mit netfabb geöffnet werden können. Wenn Sie das Kästchen links neben dem Dateityp anklicken und damit ein Häkchen setzen, werden Dateien mit diesem Format automatisch in einem neuen netfabb-Fenster geöffnet.
Sie können auch alle auf einmal aktivieren, alle deaktivieren ("Keine") oder Ihre Einstellungen auf den ursprünglichen Stand zurücksetzen. Wenn Sie die Einstellungen speichern, werden sie aktiv, alternativ auch für alle Nutzer (Abbildung 10.10).

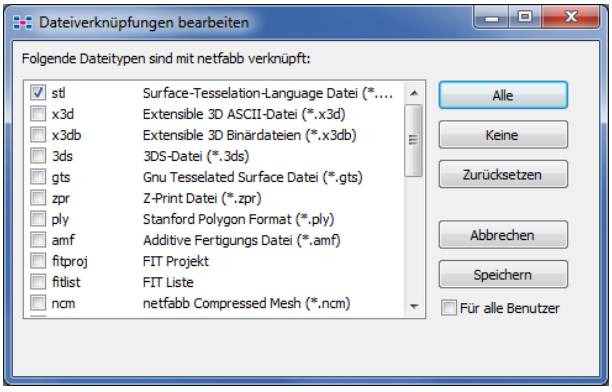


Abbildung 10.10: *Das Fenster zum Ändern der Dateiverknüpfungen*

Index

Abstand Messen, 161
Aktuelle Slicedatei, 174
Alle Bauteile anzeigen, 46
Alle Bauteile auswählen, 53
Alle Bauteile verstecken, 46
Alle Löcher schließen, 129
Alle umliegenden Dreiecke auswählen, 126
Alles auswählen, 122
Ankerpunkte, 155, 160
Ankerpunkte anzeigen, 160
Ankerpunkte Setzen, 159
Ansicht entsperren, 166
Ansicht sperren, 166
Ansicht zentrieren, 41, 43
Anwenden, 117
Außenflächen berechnen, 137
Außenoffset, 87
Ausgewählte Bauteile Zusammenfügen, 85
Ausgewählte Dreiecke als Bauteil extrahieren, 136
Ausgewählte Dreiecke entfernen, 128
Ausgewählte Dreiecke Stitchen, 131
Ausgewählte Dreiecke umdrehen, 128
Aushöhlende Shell, 87
Auswahl (Reparatur), 121
Auswahl ausweiten, 125
Auswahl invertieren, 53, 122
Auswahl zusammenziehen, 125
Auswahlrechteck, 122
Auswahltoleranz, 123
Automatic Packing, 67
Automatic Packing Medium und Large, 70
Automatic Packing Small, 68
Automatische Reparatur, 138

Bauraum anzeigen, 48
Bauraumübersicht, 74
Bauteil anzeigen, 45
Bauteil entfernen, 51
Bauteil exportieren, 34
Bauteil hervorheben, 40, 45
Bauteil hinzufügen, 23, 51
Bauteil umbenennen, 71
Bauteil verstecken, 45
Bauteilanalyse, 77
Bauteilanzeige invertieren, 46
Bauteilbibliothek, 56
Bauteile abziehen, 106
Bauteile anordnen, 66
Bauteile anzeigen, 12
Bauteile ausrichten, 64
Bauteile auswählen, 10, 52
Bauteile drehen, 13, 63
Bauteile duplizieren, 60

Bauteile invertieren, 84
Bauteile neu nummerieren, 74
Bauteile schneiden, 89
Bauteile skalieren, 65
Bauteile Slicen, 171
Bauteile Vereinigen, 105
Bauteile verschieben, 13, 62
Bauteile verstecken, 12
Bauteilnummern, 73
Bauteilprüfung, 167
Bericht, 30
Bool'sche Operation bei Schichten, 183
Bool'sche Operationen & Entfernen von Selbstüberschneidungen bei Schichten, 182
Boolsche Operationen, 103

CAD Import, 32

Dateien öffnen, 23
Dateivorschau - Browser, 28, 51
Definition für Prüfung, 168
Degenerierte Dreiecke anzeigen, 119
Degenerierte Dreiecke entfernen, 135
Diese Fläche auswählen, 122
Diese Hülle Auswählen, 122
Dieses Dreieck auswählen, 122
Doppelte Dreiecke entfernen, 134
Dreiecke auswählen, 121
Dreiecke glätten, 143
Dreiecke hinzufügen, 127
Dreiecke Stitchen, 131
Dreieckskante, 3
Dreiecksnetz anzeigen, 48
Dreiecksnetz verfeinern, 140
Dreiecksnetz visualisieren, 119
Dreiecksreduktion, 140
Drucken, 39
Duplizieren eines Slice, 174
Durchschnitt bilden von Slice-Dateien, 183
Durchschnitt erstellen, 105

Edit Slices, 182
Einfache Löcher schließen, 129
Einheiten Konvertieren, 85
Einstellungen, 205
Entfernen von Selbstüberschneidungen, 131
Erweiterte Bauteilauswahl, 53
Erweiterte Dreiecksauswahl, 126
Erweiterter Dateiimport, 24
Erzeuge Offset, 184
Export slice as image files, 199
Export slices, 193
Extrusion, 3D, 153

Füllung anzeigen, 179
Füllung bearbeiten bei Schichtdaten, 188
Füllung erstellen bei Schichtdaten, 188
Farbe ändern, 71
Farbe einer Gruppe ändern, 72
Fehler hervorheben, 119
Flächen auswählen, 121
Flächen extrudieren, 148
Flächen schneiden, 145
Freies Schneiden, 92

Gewählte Bauteile anzeigen, 46
Gewählte Bauteile Slicen, 171
Gewählte Bauteile verstecken, 46

Globale Anzeige, 175
Grenzkante, 3
Gruppe anzeigen, 72
Gruppe auflösen, 72
Gruppe entfernen, 72
Gruppe umbenennen, 72
Gruppe verstecken, 72
Gruppen, 72
Gruppierung aufheben, 176

Hülle Erzeugen, 86
Hüllen auswählen, 121
Hatchverschneidung, 191
Hohles Bauteil erzeugen, 86

Inch zu mm, 85
Innenflächen hervorheben, 47
Innenoffset, 86
Ins Mesh einfügen, 146
Isometrische Ansicht, 42

Kante, 3
Kanten anzeigen, 47
Kein Bauteil auswählen, 53
Kennwerte, 169
Knoten hinzufügen, 127
Kollisionserkennung, 74
Kontextmenüs, 16
Konvertiere Konturen/Hatches, 192

Löcher hervorheben, 119
Leere Gruppen entfernen, 72
Linie schließen, 145
Linie zurücksetzen, 145
Loch schließen, 129

Messpunkt, 156
Messpunkt bearbeiten, 157
Messpunkt entfernen, 157
mm zu Inch, 85

Neu Prüfen, 170
Neue Gruppe erstellen, 13, 72
Neue Gruppe mit ausgewählten Bauteilen, 72
Neue Messung, 155
Neue Prüfung, 167
Neues Projekt, 23
nicht ausgewählte Bauteile verstecken, 46
Nicht orientierte Kanten auftrennen, 136
Nichts auswählen (Reparatur), 122
Notiz hinzufügen (Messung), 164
Nur das anliegende Dreieck auswählen, 126

Ober- und Unterseitenanalyse, 79
Oeffnen, 23
Offset, 86
Offset der Lochkanten erstellen, 146
Outbox anzeigen, 179

Perspektive, 13, 40
Polygonschnitt, 99
Prüfung, 167
Programmoptionen, 205
Projekt als STL exportieren, 33
Punkte anzeigen, 179
Punkte auf Schnitten anzeigen, 91
Punkte reduzieren bei Schichten, 187
Punkte verschieben (Flächen extrudieren), 149

Rückgänig, 118
Radius Messen, 163
Redo, 23
Reparatur, 116
Reparatur anwenden, 117
Reparaturautomatik, 138
Reparaturscripte, 138
Richtung schätzen (Flächen extrudieren), 151

Schattenflächenanalyse, 81
Schneiden, 89
Schnitt setzen mit der Maus, 89, 158
Schnitt triangulieren, 103
Schnittebene, 89, 93, 95, 97, 98, 158
Schnittebene begrenzen, 102
Schnittebene drehen, 95, 96, 98
Schnittebene verschieben, 95, 97, 98
Schnittlinie, 90, 99, 158
Schnittoptionen, 102
Schwerpunktanalyse, 81
Screenshot in Zwischenablage, 39
Screenshot speichern, 39
Selbstüberschneidungen, 6, 130
Selbstüberschneidungen auftrennen, 131
Selbstüberschneidungen bei Schichten, 184
Selbstüberschneidungen ermitteln, 130
Select Overlapping Triangles, 134
Shell-Liste, 124
Shell-Liste aktualisieren, 125
Shells auswählen, 121, 124
Shells mit negativem Volumen auswählen, 126
Shells Separieren, 85
Slice anzeigen, 178
Slice drehen, 180
Slice Duplizieren, 174
Slice entfernen, 174
Slice verschieben, 180
Slice verstecken, 178
Slice-Dateien abziehen, 183
Slice-Dateien auswählen, 176
Slice-Dateien vereinigen, 183
Slicedatei Öffnen, 173
Slices zusammenfügen, 176
Speichern, 33
Speichern unter, 33
Spiegeln, 84
Spiegeln, Schichten, 181
Standardanalyse, 79
Standardmodelle, 56
Standardoptionen einstellen (Messen), 166
Standardperspektiven, 42
Status (Reparatur), 117
Stitchen, 131
Symbolleiste, 16

Tabsheet, 17
Testergebnis, 170

Umgedrehte Dreiecke korrigieren, 133
Undo, 23

Vereinfachte Darstellung, 46
Verknüpfungen ändern, 215
Verschiebung (Flächen extrudieren), 151
Volumen anzeigen (Slice), 176
Vorschau auf Berechnungen, 175

Wandstärkenanalyse, 81
Wiederherstellen, 118
Winkel Messen, 162

Z-Kompensation, 141
Zeige Kanten ab, 120, 123
Zerlege große STL Datei , 29
Zoom, 13, 43
Zoom auf alle Bauteile, 44
Zoom auf alle Slice-Dateien, 178
Zoom auf Alles, 44
Zoom auf ausgewählte Bauteile, 44
Zoom auf ausgewählte Dreiecke, 119
Zoom auf ausgewählte Slice-Dateien, 178
Zoom auf Auswahl, 119
Zoom auf Bauraum, 44
Zoom auf Bauteil (Reparatur), 119
Zoom auf gewählten Bereich, 44
Zoom auf gewählten Bereich (Slices), 178
Zur Bodenplatte ausrichten, 64